

Dr Sławomir RUCIŃSKI

Nie można mówić o związku fizyki i astronomii bez wyraźnego określenia, czym jest obecnie każda z tych nauk. Czytelnicy mogą dzięki «Delcie» uzyskać nowe spojrzenie na tę ogromną dziedzinę wiedzy i działalności człowieka, jaką jest fizyka; to, co chcemy uczynić w tym miejscu, jest natomiast próbą szkieletowego określenia, czym jest współczesna astronomia i jaki jest jej związek z fizyką.

Podkreśliliśmy współczesność astronomii, zdajemy sobie bowiem sprawę, że ciągle jeszcze najbardziej rozpowszechnionym obrazem pracy astronoma są obserwacje wizualne, czyli po prostu patrzenie przez teleskopy. Nie negując ogromnej czułości oka, które może w skrajnych warunkach odbierać pojedyncze kwanty promieniowania, musimy wyraźnie stwierdzić, że jest to wyobrażenie bardzo przestarzałe. Obserwacje wizualne odgrywają obecnie marginesową rolę w astronomii, a ich największa wada, subiektywność, spowodowała, że wszystkie doniesienia, odkrycia czy obserwacje dokonane właśnie za pomocą oczu, a więc w sposób nieobiektywny, przyjmujemy najczęściej ze znacznym niedowierzaniem.

Zresztą astronomia to nie tylko obserwacje, choć muszą one siłą rzeczy odgrywać rolę zasadniczą. Wynika to z bardzo lapidarnej definicji tej gałęzi wiedzy, iż jest ona nauką o obiektach poza Ziemią, których nie możemy badać bezpośrednio. Nie możemy więc ich zmierzyć, zważyć, nie możemy dokonać na nich jakichkolwiek pomiarów laboratoryjnych. Zauważmy, że w ten sposób z astronomii wyłączaliśmy astronautykę. Jedynym źródłem informacji jest docierające do nas promieniowanie, które te obiekty albo wysyłają, albo mogą sobą przesłaniać, częściowo od siebie przykład absorbując lub rozpraszając w innych kierunkach. Jest to najczęściej promieniowanie elektromagnetyczne, na które w bardzo wąskim zakresie wartości długości fali czuły jest tylko jeden z naszych zmysłów — właśnie wzrok; to był zresztą powód rozwoju przede wszystkim obserwacji wizualnych, bo tylko te fale mogliśmy zawsze bez kłopotu odbierać. Obecnie interesuje nas promieniowanie o wszelkich wartościach długości fali, a w szczególności — zależność jego natężenia od częstości (to znaczy rozkład widmowy promieniowania), stan polaryzacji promieniowania i również zależność tego stanu od częstości; wreszcie ważny jest kierunek i rozkład kątowy promieniowania na niebie. Te dwie ostatnie charakterystyki łączą się ściśle z wczesnym okresem rozwoju astronomii, gdy precyzyjny pomiar kątów na niebie oraz opis wyglądu obiektów astronomicznych dostarczał zatrudnienia wszystkim astronomom na świecie, a więc wówczas dosłownie garstce w stosunku do liczby pracujących obecnie w tej dziedzinie naukowców. Niekiedy użyteczne mogą być inne własności światła, wśród nich jego korpuskularny charakter. Przy niewielkim natężeniu mierzonego na Ziemi światła gwiazd obserwuje się fluktuacje ilości fotonów, które przy pomiarze za pomocą dwu odległych od siebie teleskopów mogą wykazywać związek (korelację) zależny od tego, jak bardzo nie punktowe jest źródło światła. W ten sposób możliwe stały się pomiary obserwowanych z Ziemi średnic gwiazd liczących na ogół mniej od 0,005 sekundy kątowej z dokładnością do 0,0002 sekundy! Do Ziemi docierają też inni posłańcy. Prawie nie oddziałujące z materią neutrina mogą do nas przybywać z bardzo odległych części Wszechświata. Inna sprawa to kłopot z ich wykrywaniem i „odbiorom”, bo równie niechętnie oddziałują one z detektorami na Ziemi. Z zewnętrznych obszarów wokółsłonecznych dociera do nas „wiatr” słoneczny — strumień protonów, elektronów, cząstek α , jąder cięższych pierwiastków. Podczas wybuchów na Słońcu natężenie wiatru może gwałtownie wzrastać, na Ziemi jednak dowiadujemy się o tym pośrednio: przez zachwianie równowagi wokółziemskiego pola magnetycznego, zakłócenia radiowe, zorze polarne itp. Natomiast spokojny wiatr słoneczny można badać jedynie ze sztucznych satelitów i z międzyplanetarnych stacji automatycznych.

Od dawna obserwuje się promieniowanie kosmiczne. Cząstki tego promieniowania rozpędzone są przez silnie niejednorodne międzygwiazdowe pola magnetyczne (lub pola elektryczne towarzyszące zmiennym polom magnetycznym) do takich prędkości, że energia niektórych z nich sięga 10^{13} MeV (mega-elektronowoltów), a czasem nawet więcej; ziemskie akceleratory umożliwiają otrzymywanie cząstek o energiach poniżej 10^6 MeV. Nic więc dziwnego, że samo promieniowanie kosmiczne, a szczególnie jego oddziaływanie z materią, jest przedmiotem aktywnego zainteresowania fizyków.

Do detektorów na Ziemi powinno też docierać hipotetyczne (jeszcze) promieniowanie grawitacyjne. Do dziś nie ma jeszcze jasnego obrazu wyników obserwacji dokonywanych w tej dziedzinie dopiero od kilku lat. Źródła fal grawitacyjnych, o których wiemy, że powinny wysyłać takie fale, są o wiele (mniej więcej 10^4 razy) za słabe dla istniejących, zresztą super-czułych, detektorów. Jednocześnie już obecnie mamy nie potwierdzone wyniki świadczące o docieraniu do nas fal grawitacyjnych znacznie silniejszych, takich, jakie można odbierać już teraz. Świadczyłyby to o zachodzeniu gdzieś we Wszechświecie, może w jądrach galaktyk, takich procesów, o których nie mamy w tej chwili jeszcze pojęcia.

Podstawą naszej wiedzy jest więc promieniowanie elektromagnetyczne. Do połowy XIX wieku sprowadzała się astronomia właściwie do bardzo precyzyjnych pomiarów współrzędnych kątowych na niebie i do opisu wyglądu obiektów astronomicznych (a więc — jak wyglądają) bez wnikania w strukturę i zachodzące w nich procesy (a więc — jak wyglądają) bez wnikania w strukturę i zachodzące w nich procesy (a więc ważne pytanie: dlaczego tak wyglądają?). Stosunkowo długie, wieloletnie okresy obserwacji i niebezpieczeństwo kumulowania się ewentualnych błędów w wyznaczanych orbitach wyłoniły konieczność doprowadzenia dokładności pomiarów do poziomu nieosiągalnego w innych naukach i spowodowały rozwój matematycznych technik numerycznych astronomii do poziomu również nieosiągalnego (czy niepotrzebnego) w innych dziedzinach wiedzy. Rachunki prowadzono z niespotykaną dokładnością, prześcignięta dopiero niedawno przez maszyny cyfrowe, którym jak zwykle „wszystko jedno”, ile cyfr znaczących mają używane liczby. Były to jednocześnie czasy wielkiego triumfu mechaniki newtonowskiej; owocującej odkrywaniem nowych planet Układu Słonecznego, dotychczas jedynie przewidzianych na podstawie zakłóceń grawitacyjnych w obiektach znanych.

Ważnym przełomem było zastosowanie techniki spektroskopowej do badania światła obiektów astronomicznych. Tak więc za narodziny astrofizyki można uznać pierwsze dziesięciolecie XIX wieku, chociaż prawdziwy postęp rozpoczął się dopiero po zastosowaniu klisz fotograficznych,



a więc w drugiej połowie tego wieku. Burzliwy rozwój astrofizyki, który doprowadził do tego, że obecnie niektórzy po prostu utożsamiają ją z astronomią, był z drugiej strony wynikiem postępu w technologii, a więc w budowie coraz większych teleskopów, w odkryciach nowych typów detektorów, w ostatnich zaś latach przede wszystkim w możliwościach umieszczenia teleskopów poza zakłócającym obserwację płaszczem atmosfery ziemskiej. Dopiero balony stratosferyczne, wysoko lecące samoloty, rakiety, wreszcie orbitalne obserwatoria astronomiczne na satelitach pozwalają nam teraz uzupełniać obraz, który od ponad stu lat rysowała astrofizyka posługująca się światłem widzialnym i, od około 30 lat, radioastronomia wykorzystująca przezroczystość atmosfery dla fal decymetrowych i metrowych. Obserwacje w dalekiej podczerwieni i mikrofalach to właściwie dopiero ostatnie dziesięciolecie, obserwacje zaś w promieniach rentgenowskich to lata dosłownie ostatnie, gdyż dopiero dziś kształtuje się obraz nieba „widzianego” w tej dziedzinie widma.

W całym tym okresie astrofizyka bogato czerpie z osiągnięć laboratoryjnych fizyki w dziedzinie budowy bardzo czułych urządzeń detekcyjnych. Przełomem w świetle widzialnym było zastosowanie przed laty fotopowielacza, który charakteryzuje się ogromnym zakresem liniowości reakcji na sygnał, co ma zasadnicze znaczenie w wyznaczaniu docierającej do nas energii od różnych obiektów, zwłaszcza gdy porównywane źródła promieniowania bardzo się różnią. Radioastronomia rozwinęła się stosując szeroko osiągnięcia elektroniki. Przełomem było zastosowanie masera. Do obserwacji w podczerwieni i mikrofalach szeroko stosuje się zdobycze kriogeniki — chłodzone ciekłym helem fotooporniki, odbiorniki półprzewodnikowe itp. W tej dziedzinie postęp trwa nadal, a największe nadzieje wiąże się z detektorami pół- i nadprzewodnikowymi. Mają one najwyższą czułość (co trzeci, czwarty kwant produkuje sygnał detektora), są doskonale liniowe i tak małe, że będzie można tworzyć z nich „tablice”, które umieszczone w ognisku teleskopu pozwolą odtworzyć obraz obiektów astronomicznych z najwyższą wiernością, zachowując wszelką istniejącą w padającym promieniowaniu informację. Oprócz „brania” od fizyków dobrych detektorów, wczesny rozwój astrofizyki charakteryzuje się również jednostronnym przepływem wyników i informacji z fizyki do astrofizyki. Do obliczenia teoretycznych modeli struktury wewnętrznej gwiazd, a później ewolucji tej struktury w czasie (a więc ewolucji gwiazd) konieczne były dane o nieprzezroczystości materii dla promieniowania (jaki „opór” napotyka ze strony materii energia generowana we wnętrzu gwiazd przy przechodzeniu na zewnątrz) czy o wydajnościach reakcji termojądrowych. Te dane dostarczali fizycy. Zresztą nie można ograniczać się tu do efektów atomowych, chociaż w tej dziedzinie korzystała astronomia chyba najwięcej. Zasady dynamiki systemów gwiazdowych i metody statystycznego ujęcia zjawisk w układach bardzo wielu ciał również korzystały z osiągnięć fizyki. I znowu nie można ograniczyć się tu do gwiazd i ich układów, bo na przykład zasadnicze znaczenie w opisie własności pyłu międzygwiazdowego o ziarnach wielkości około 10^{-5} cm miało zastosowanie teorii rozproszenia fal elektromagnetycznych na częściowo metalicznych, częściowo dielektrycznych ciałach o wielkości porównywalnej z długością fali. Można śmiało twierdzić, iż nie ma dziedziny astrofizyki ani obiektu jej zainteresowania bez bezpośredniego wykorzystania już istniejących osiągnięć fizyki. Od niedawna obserwujemy nasilający się proces odwrotny, zapoczątkowany zresztą znacznie wcześniej odkryciem helu najpierw na Słońcu, a później w laboratoriach, odkryciem linii wzbronionych w widmach mgławic gazowych, a może nawet jeszcze wcześniej — odkryciem przez Newtona podobieństwa ruchu słynnego jabłka i Księżycy względem Ziemi. Coraz częściej fizycy uświadamiają sobie ogromne możliwości obiektów astronomicznych jako laboratoriów skrajnych warunków fizycznych. Próźni międzygwiazdowej nie potrafimy jeszcze odtworzyć w żadnym laboratorium; nie możemy również odtworzyć warunków we wnętrzu gwiazd, a reakcji termojądrowych nie potrafimy w ogóle prowadzić w ten sposób, w jaki zachodzą one w gwiazdach. Sam Wszechświat jest najlepszym i unikalnym laboratorium. Odkrycie pulsarów, które jest obserwacyjnym potwierdzeniem istnienia gwiazd neutronowych, zwróciło uwagę na znaczenie badań fizycznych w takich dziedzinach, jak np. równanie stanu bardzo gęstej materii jądrowej (same jądra atomowe lub same neutrony stykające się ze sobą). Znalazły zastosowanie wyniki z dziedziny nadprzewodnictwa i nadciekłości. Ogromne ilości energii produkowanej we wnętrzu kwazarów i w jądrach galaktyk oraz silne strumienie masy wypływającej z niektórych z nich wymagają zastanowienia się nad wielkoskalowymi procesami przekształcania się substancji w promieniowanie i, co ciekawsze, nad zjawiskami odwrotnymi. Procesy te stwarzają możliwość testowania hipotez z dziedziny procesów podstawowych, istnienia np. kwarków, czy też niezmienności czasowej i przestrzennej stałych fizycznych. W ostatnich latach obserwujemy też burzliwy rozwój tzw. astrofizyki relatywistycznej, albowiem właśnie w skali obiektów astronomicznych i przy dużych natężeniach pól grawitacyjnych można się spodziewać najciekawszych zastosowań ogólnej teorii względności. Duży zasięg współczesnych badań obserwacyjnych stwarza też szanse uzyskania informacji o Wszechświecie jako całości, o jego własnościach i ewolucji tych własności w czasie. Tak więc kosmologia i kosmogonia teraz dopiero pozbywają się spekulatywności, nieuniknionej w sytuacji, gdy dla obserwacji astronomicznych dostępny był niewielki wycinek Wszechświata.

Problemów o podstawowym znaczeniu dla fizyki, takich więc, które można rozstrzygnąć na podstawie obserwacji astronomicznych, jest teraz coraz więcej. I odwrotnie, astronomia oczekuje wielu jeszcze informacji możliwych do uzyskania w laboratoriach fizyków. Dla przykładu: do poznania struktury zewnętrznych warstw gwiazd (atmosfer gwiazdowych) konieczna jest dla astronoma znajomość atomowych przejść promienistych, czyli, krótko mówiąc, linii widmowych. Może nasz Czytelnik będzie zaskoczony, ale dla dużej części pierwiastków i w pewnych przedziałach widma znajomość ta jest bardzo niepełna, o czym właśnie astronomowie przekonali się zupełnie niedawno, gdy w trakcie interpretacji bardzo dokładnych widm w zakresie ultrafioletu, dostarczonych przez satelitę Copernicus (OAO-3), po prostu nie można było dokonać identyfikacji znacznej części linii widmowych, to znaczy powiedzieć, jaki pierwiastek (i w jakim stanie jonizacji) produkuje obserwowane linie. To, co dawno zrobiono dla części widzialnej widma, po prostu prawie nie istnieje dla dalekiego ultrafioletu! Tego typu mało eksperymentalnych, lecz ważnych problemów można wymienić więcej.

Fizyka i astronomia weszły obecnie w okres najściślejszego związku. Chyba jedyną cechą astronomii, naprawdę różniącą ją od fizyki, jest całkowity brak możliwości ingerencji w zjawiska. Natura „dokonuje” bowiem doświadczeń zbyt skomplikowanych i występujących równolegle ze zbyt wieloma procesami. Fizycy pomagają te procesy wyizolować, astronomowie mogą za to wskazać, gdzie te procesy są najciekawsze. Obie nauki mogą istnieć tylko razem.

