

#### Nagroda Nobla z fizyki za rok 1989

Szwedzka Królewska Akademia Nauk Nagrodą Nobla z fizyki za rok 1989 uhonorowała Wolfganga Paula, Hansa Dehmelta (połowa nagrody) i Normana F. Ramseya (połowa). Wszyscy trzej laureaci wyróżnieni zostali za osiągnięcia w bardzo precyzyjnym badaniu struktury atomów, czyli w tzw. atomowej spektroskopii wysokiej rozdzielczości rozdzielczej.

O istnieniu atomów świadczy wiele argumentów pośrednich. Bezpośrednia obserwacja pojedynczego zjonizowanego (pozbawionego jednego elektronu) atomu – jonu stała się możliwa dzięki pułapce jonyjowej zaprojektowanej przez Wolfganga Paula, a zrealizowanej przez Hansa Dehmelta. Idea pułapki Paula może być zilustrowana poprzez mechaniczną analogię. Wyobraźmy sobie, że mamy kulkę zsuwającą się po pochylej desce. Jeśli wprawimy deskę w szybki ruch obrotowy wokół osi pionowej, kulka przestanie się zsuwać. Podobny efekt można uzyskać dla jonu w zmiennym polu elektrycznym. Same jony wytwarzane są wewnątrz pułapki – strumień atomów bombardowany jest elektronami. Wynikiem zderzenia atomu z elektronem jest powstanie jonu, który, o ile nie porusza się zbyt szybko, zostanie uwięziony. Stosuje się w tym celu tzw. chłodzenie światłem laserowym. Jony poruszające się w kierunku światła ulegają spowolnieniu wskutek doznawanego odrzutu już po około 10 000 zaabsorbowanych fotonach. Emitowane fotony nie mają wyróżnionego kierunku, zatem efektywnie jony są spowalniane i mogą pozostawać w pułapce przez wiele godzin. Można je teraz badać za pomocą fal elektromagnetycznych. Można zauważyć pojedyncze przeskoki elektronu i zastanawiać się, po jak długim czasie to nastąpi, sięgając do podstaw mechaniki kwantowej i filozofii współczesnej fizyki. Można również zbudować bardzo dokładne wzorce czasu.

Drugą część nagrody otrzymał N.R. Ramsey. Jest on autorem metody doświadczalnej prowadzącej do dokładniejszego określenia częstości przejść elektromagnetycznych w cząstkach, atomach i cząsteczkach uformowanych w strumień. Dokładność wyznaczenia takiej częstości ograniczana jest przez szereg czynników, między innymi przez ruch termiczny atomów. By go uniknąć, tworzy się strumienie atomowe, w których ruch odbywa się w jednym kierunku. Atomy w strumieniu poddawane są oddziaływaniu z polami elektromagnetycznymi. Gdy pola te są rezonansowe (mają taką samą częstość) względem częstości przejść atomowych, obserwuje się wzbudzenie atomów. Dokładność wyznaczenia częstości wzbudzenia zależy od czasu przelotu atomu przez pole. Ramsey zaproponował wzbudzenie przez co najmniej dwa rozseparowane obszary pola. Otrzymuje się wtedy interferencje pomiędzy wzbudzeniem w poszczególnych obszarach, a co za tym idzie – prawdopodobieństwo wzbudzenia zachowuje się podobnie jak prąki interferencyjne – ma minima i maksima. Struktura interferencyjna pozwala na znacznie dokładniejsze wyznaczenie częstości własnych atomów, a więc dokładniejsze wzorce częstości i zegary.

Metoda separowanych pól nazwana została metodą prązków Ramsey'a. Autor tej techniki po prawie 40 latach od jej wymyślenia otrzymał nagrodę Nobla.

dr Krystyna KOLWAS  
i doc. dr hab Maciej KOLWAS

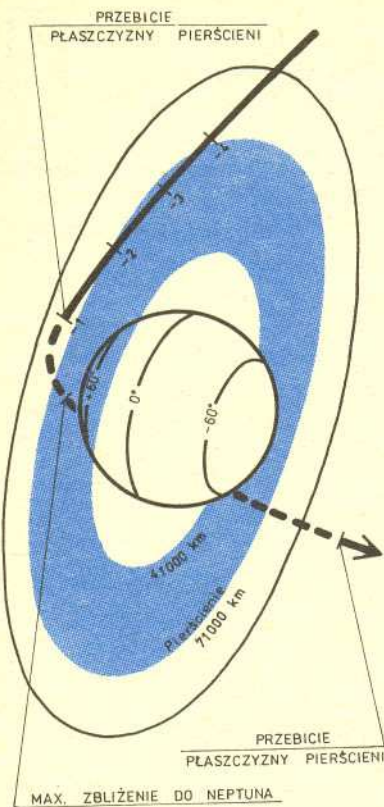
Wiemy już z codziennej prasy, że Voyager 2 minął 25 VIII 1989 Neptuna i przekazał stamtąd informacje dotyczące tej planety. W ten sposób jego misja zakończyła się pełnym sukcesem. Na opracowanie wyników obserwacji wykonanych przez Voyagera 2 trzeba będzie jeszcze jakiś czas poczekać, wypada chyba jednak uczcić sukces sondy choćby przypomnieniem, co i jak miała ona zdziałać przy Neptunie. Jest to bądź co bądź najdalsza w dziejach ludzkości wyprawa automatycznej stacji obserwacyjnej w głąb kosmosu. Nie bardzo wiadomo, czy pisać o niej w czasie teraźniejszym, czy przeszłym, ponieważ – aczkolwiek dalszych spotkań z planetami (Plutonem) nie będzie – sonda działa nadal mierzząc własności ośrodka międzyplanetarnego. Parę słów o tym Czytelnik może znaleźć w *Patrz w niebo*.

Voyager 2 wystartował 20 VIII 1977, co zabawniejsze – wcześniej niż Voyager 1 (5 IX 1977), ale jego trasa została zaplanowana tak, że przy kolejnych planetach zjawiał się później – stąd jego numer „2”. I tak, lecąc niemal śladem swojego bliźniaka dotarł 9 VII 1979 do Jowisza, 25 VIII 1981 do Saturna i 24 I 1986 do Urana. Jego podróż do Neptuna trwała więc 12 lat i już sam fakt, że aparat działa po takim czasie, jest godny uwagi. Oczywiście, sonda została wysłana nie po żadne rekordy, tylko po informacje naukowe, ale jej sprawność techniczna jest warunkiem niezbędnym, by cała impreza mogła odnieść sukces naukowy.

Neptun obiega Słońce w odległości 30 j.a., czyli 4,5 mld km (4 godziny świetlne). By bez przeszkód odbierać sygnały sondy z takiej odległości, NASA postanowiła powiększyć anteny swoich odbiorczych radioteleskopów z 64 do 70 m. Sieć tych anten, stanowiąca tzw. Deep Space Network, pokrywa całą Ziemię, dzięki czemu bez względu na obrót Ziemi zawsze któraś z anten może sygnały sondy odebrać. Do współpracy wciągnięto też szereg niezależnych obserwatoriów radioastronomicznych. Dzięki tym ulepszeniom cały system mógł pracować przy nie zmienionym tempie przekazywania informacji z sondy, sięgającym 21 600 bit/s.

Drugi kłopot wynikający z wielkiej odległości Neptuna od Słońca to oświetlenie, które jest tam  $30^2 = 900$  razy słabsze niż na Ziemi. Dlatego uzyskanie jednego obrazu telewizyjnego przy Neptunie wymaga odpowiednio długiego czasu ekspozycji – typowo 15 s. Należało zatem zapewnić zarówno dobrą stabilizację sondy, jak i sposób kompensowania skutków jej ruchu względem obserwowanego obiektu. O precyzji, jaka musiała tu być osiągnięta, świadczy chyba najlepiej fakt, że włączanie i wyłączanie magnetofonu (magnetowidu?), służącego do chwilowego przechowywania wyników obserwacji, powodowało zauważalne drgania sondy, które należało równoważyć za pomocą silników korekcyjnych, pracujących w razie potrzeby impulsami o czasie trwania 0,005 s. W ten sposób dało się uzyskać taki efekt, że Voyager 2 obracał się 25 razy wolniej niż godzinowa wskazówka zegara.

Kompensowanie zaś ruchu sondy uzyskiwano na trzy sposoby. Po pierwsze: cały aparat mógł śledzić cel obracając się dzięki stosownie programowanym żyroskopom. Wtedy jednak antena nadawcza przestawała celować w Ziemię, a zatem informacje musiały być utrwalane na taśmie magnetycznej i przekazywane na Ziemię dopiero po zakończeniu serii obserwacji. Drugi sposób to spowodowanie wahadłowych ruchów sondy tak, by podczas każdego wahnięcia przez 15 s obraz w kamerze był nieruchomy. W tym trybie pracy łączność z Ziemią nie była przerywana i zapis magnetyczny nie był potrzebny. Wreszcie trzeci sposób to obracanie platformy mieszczącej kamerę. Ten sposób mógł być użyty jedynie przy obserwacjach nie wymagających wysokiej rozdzielczości kątowej, ponieważ platforma ta może być obracana tylko skokami.



Przelot Voyagera 2 koło Neptuna (widziany z Ziemi).

Aby sonda przeżyła spotkanie z Neptunem, musiała przelecieć dostatecznie daleko poza spodziewaną atmosferą i pierścieniami planety. Promień Neptuna określony przez poziom, na którym ciśnienie atmosferyczne jest zbliżone do 1 atmosfery, wynosi 24 230 km, natomiast Voyager 2 miał przelecieć (i przeleciał) około 5 000 km wyżej. Z kolei zewnętrzny promień domniemanych pierścieni wynosi około 71 000 km, a sonda przeleciała około 7 000 km dalej. Trzeba przyznać, że samo istnienie pierścieni nie było całkiem pewne; naziemne obserwacje nie dawały jednoznacznego wyniku. Za to z naziemnych obserwacji radiowych wiadomo było z góry, że magnetosfera Neptuna nie będzie niebezpieczna dla sondy; jest ona zdecydowanie słabsza niż jowiszowa.

Same badania układu Neptuna obejmowały cztery główne tematy: atmosfera planety, magnetosfera, pierścienie, satelity. Pierwsze dwa obiekty były obserwowane metodami dość tradycyjnymi, wypróbowanymi podczas wcześniejszych spotkań z innymi planetami (obrazy w świetle widzialnym, nadfiolecie i podczerwieni, „prześwietlenie” atmosfery falami radiowymi w trakcie przesłaniania sondy przez planetę, pomiary pola magnetycznego, pomiary gęstości cząstek). Co do ostatnich dwóch to, jak wspomnieliśmy, nawet ich istnienie było problematyczne. Co prawda znane są od dawna dwa satelity Neptuna (Tryton i Nereida), ale znajomość ta jest bardzo słaba – nawet ich rozmiary wyznaczone z obserwacji naziemnych są wysoce niepewne. Albo też, wiadomo było, że Tryton ma atmosferę, ale nic więcej o tej atmosferze nie można było powiedzieć. Zgodnie z planami Voyager 2 „obejrzał” Nereidę z odległości około 4,7 mln km oraz Trytona z 40 tys. km. W tym ostatnim przypadku na powierzchni satelity powinny być rozróżnialne szczegóły o rozmiarach rzędu 800 m.

Wielka podróż dobiegła właściwie końca. Teraz przez dłuższy czas, nie wiadomo zresztą jak długi, nie należy się spodziewać żadnych rewelacyjnych informacji. Rewelacje nastąpią, gdy Voyager 2 lub któryś z jego trzech poprzedników dotrze tak daleko od Słońca, gdzie nie sięga już wiatr słoneczny. Jest to jednak wielka niewiadoma i myślę, że nie należy mieć sondom za złe, jeśli zamilkną wcześniej. Swoje najważniejsze zadania i tak wykonały.



## Zadania

Redaguje mgr Michał WOJCIECHOWSKI

**M 568.** Przypuśćmy, że  $w(x)$  jest wielomianem takim, że  $w(x) \geq 0$  dla  $x \in \mathbb{R}$ . Udowodnić, że

$$u(x) = w(x) + w'(x) + w''(x) + \dots \geq 0.$$

Rozwiązanie na str. 3

**M 569.** Udowodnić, że w dowolnym sześciokącie wypukłym o polu 1 można za pomocą pewnej przekątnej odciąć część o polu nie większym niż  $\frac{1}{6}$ .

Rozwiązanie na str. 2

**M 570.** Udowodnić, że spośród dowolnych pięciu wektorów w przestrzeni trójwymiarowej pewne dwa nie tworzą kąta rozwartego.

Rozwiązanie na str. 2

Redaguje dr Lidia GOETTIG

**F 286.** Wodę w czajniku doprowadzamy do ustalonego stanu „delikatnego” wrzenia – czajnik „śpiewa”, a z jego dziobka spokojnie wylatuje strumyczek pary. Oczywiście jest, że zwiększenie dopływu ciepła do czajnika zwiększy intensywność wydobywania się pary, ochłodzenie – zmniejszy. W celu ochłodzenia wnętrza czajnika odkrywamy więc na chwilę pokrywkę. A jednak po ponownym zakryciu czajnika para buchnie z dziobka dużo mocniej niż na początku. W dalszym ciągu, w miarę nagrzewania się wnętrza, intensywność uchodzenia pary z dziobka zmniejsza się wracając do stanu wyjściowego. Jakie jest wytłumaczenie tego pozornego paradoksu czajnikowego?

(Zaproponował Piotr KANIAK z Uniegoszcza.)

Rozwiązanie na str. 6

**F 287.** Duży kieliszek w kształcie stożka o średnicy otworu około 9 cm napelniono wodą na równi z brzegiem. Zgadnij, ile szpilek można jeszcze włożyć do tego kieliszka tak, by woda nie zaczęła się z niego wylewać. Wykonaj odpowiednie rachunki i sprawdź je doświadczalnie.

Rozwiązanie na str. 9

