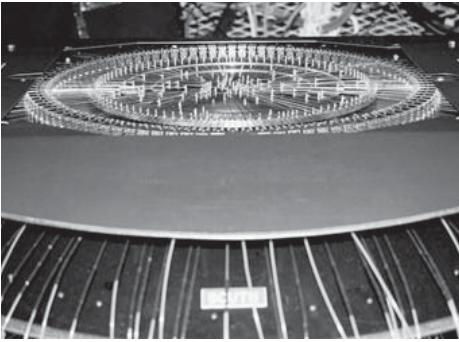


George Ellery Hale odkrył, że jeśli użyjemy spektroskopu jako filtra, możemy skanować światło wychodzące z poszczególnych linii widmowych i tworzyć obraz Słońca w określonych długościach fal. Zapoczątkowało to rozwój spektrofotometrii, która jest dziś szeroko stosowana nie tylko do badania aktywności Słońca, ale także do badania właściwości mgławic i galaktyk na wielu długościach fal. Technologie spektrofotograficzne zyskały na znaczeniu w latach 20. XX wieku, gdy astronomowie Vesto Slipher i Edwin Hubble zwrócili uwagę na słabe galaktyki i odkryli ekspansję Wszechświata.

Równoległy pomiar światła setek galaktyk w tym samym czasie może być teraz dokonany za pomocą światłowodów. W spektrometrze wielowłóknowym na płaszczyźnie ogniskowej teleskopu umieszczona jest metalowa płytki, w której wywiercone są setki otworów. Każdy otwór jest wyśrodkowany na określonej galaktyce, która ma być zobrazowana w konkretnym miejscu na niebie. Do każdego otworu podłączony jest pojedynczy światłowód. Światło z galaktyki jest przenoszone do spektrometru i staje się własnym widmem światła. W ciągu każdej godziny można w ten sposób przeanalizować ponad sto galaktyk i wyznaczyć ich przesunięcia dopplerowskie za pomocą programu komputerowego.



Wielowłóknowy spektrograf Hydra w Narodowym Obserwatorium Kitt Peak.

Każdy światłowód doprowadza światło z jednej galaktyki do głównego spektrografu, dzięki czemu setki widm galaktyk mogą być fotografowane w tym samym czasie

Ważną cechą spektroskopów jest ich zdolność do rozpraszania światła o wystarczająco dużym zakresie, aby można było dostrzec cechy widma o bardzo wąskiej długości fali. Rozdzielczość spektroskopu jest zdefiniowana jako $R = \lambda/\Delta\lambda$. Oznacza, że linia wodoru-alfa $\lambda = 6563$ Angstrémów [\AA] może być rozdzielona za pomocą spektroskopu o rozdzielczości $R = 110\,000$, tak że można dostrzec małe cechy rzędu $\Delta\lambda = 0,06$ Angstrémów. Dla badań przesunięcia dopplerowskiego oznacza to, że instrument może również wykryć różnice prędkości $V = c \times 1/R$, gdzie c jest prędkością światła, a więc $\Delta V = 3$ km/s.

Fotometry

Podobnie jak światłomierz w aparacie fotograficznym, fotometr jest czułym instrumentem, który może z wielką precyzją mierzyć jasność gwiazd i innych obiektów astronomicznych. Fotometria została po raz pierwszy wykorzystana przez greckiego astronoma Hipparchosa w 150 roku p.n.e., który podzielił gwiazdy na sześć wielkości gwiazdowych, wykorzystując ich jasność widoczną dla ludzkiego oka. Jedna wielkość gwiazdowa (magnitudo) odpowiada zmianie jasności o współczynnik 2512 lub $100^{1/5}$, a uważni i doświadczeni astronomowie mogli oszacować jasność gwiazd z dokładnością do około 0,1 magnitudo w tej skali. Znaczący postęp w pomiarach jasności gwiazd nastąpił dopiero w drugiej połowie XIX wieku, gdy Friedrich Zöllner wynalazł lampę naftową, która była porównywana z jasnością gwiazdy poprzez zmianę filtra polaryzacyjnego, aby dopasować ją do jasności gwiazdy. Teraz można było dokonywać pomiarów z dokładnością do 0,05 magnitudo. Ostatecznie do pomiarów jasności zaczęto używać technik fotograficznych, które do lat 30. XX wieku dawały dokładność bliską 0,02 magnitudo. Jednym z najbardziej fascynujących zastosowań tych technologii jest wykrywanie planet krążących wokół odległych gwiazd.

Tak jak gwiazda wywiera grawitacyjne przyciąganie na orbitujące planety, tak orbitująca planeta stosunkowo słabo przyciąga swoją gwiazdę. Podczas obserwacji spektroskopowej to chybotanie jest widoczne jako lekkie przesunięcie Dopplera w linii widzenia *prędkości radialnej* gwiazdy, gdy oddala się ona od obserwatora, oraz lekkie przesunięcie Dopplera w linii niebieskiej, gdy porusza się w kierunku obserwatora. To przesunięcie prędkości może być zmierzone i wynosi kilka metrów na sekundę zmiany, która byłaby okresowa w czasie, gdy planeta krążyła wokół gwiazdy. Dzięki prędkości radialnej można również określić masę planety, a w połączeniu z jej okresem orbitalnym można ustalić, czy jest to planeta skalista, czy gazowa.

Lekkie chybotanie orbity gwiazdy można mierzyć w odniesieniu do gwiazd tła, co nazywamy *ruchem własnym*. Wielkość ruchu jest niewielkim



Niemiecki astrofizyk Friedrich Zöllner (1834–1882) opracował metodę pomiaru jasności gwiazd przy użyciu lampy naftowej i filtra polaryzacyjnego