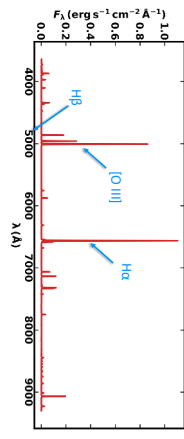


Mgławica planetarna NGC 7662 zjonizowana przez gwiazdę o temperaturze 130 000 K. Ponieważ gwiazda ta jest gorętsza, alinie [O III] są bardziej intensywne w porównaniu z Hα i Hβ.



Mgławica planetarna Hb 12, zjonizowana przez gwiazdę o temperaturze 48 000 K. Najjaśniejsze linie w jej widnie to linie rekombinacji wodoru Hα i Hβ oraz zakazane linie jonów O⁺ (atom tlenu, który stracił dwa elektrony), oznaczone jako [O III].

Widma zjonizowanych mgławic

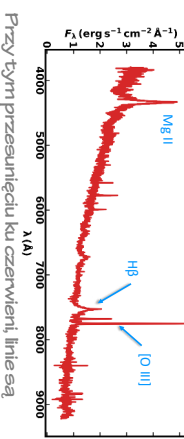
Mgławice są obłokami rozproszonego gazu. Mogą być zjonizowane przez młode masywne gwiazdy o temperaturze około 40 000 K (są to "regiony H II") lub przez mniejsze, wyewoluowane gwiazdy, których temperatura może przekraczać 100 000 K (są to "mgławice planetarne").

Widma zjonizowanych mgławic bardzo różnią się od widn gwiazdowych. Podczas gdy te ostatnie pokazują głównie linie **absorpcyjne**, większość światła w mgławicach jest **emittowana** w zaledwie kilku liniach, które pochodzą albo z **rekombinacji** wodoru i helu, albo ze **zderzeń** z elektronami swobodnymi w gazie.

Te **kolorowe** linie nie są obserwowane w gwiazdach i początkowo przypisywano je nieznanemu pierwiastkowi, zwanemu "nebulium". Dopiero w 1928 r. Ira Bowen wykazał, że linie te pochodzą od znanych pierwiastków, ale występują tylko przy bardzo małych gęstościach. Nazwano je "liniami zakazanymi".

Przy tym przesunięciu ku czerwieni, linie są przesunięte w dłuższą falę o ponad 50%. Na przykład, linia wodoru Hβ jest obserwowana na 7524 Å, podczas gdy jej długość fali spoczynkowej wynosi 4861 Å. Widzimy nawet linie zjonizowanego magnezu (Mg II), która nigdy nie pojawia się w widmach optycznych pobliskich galaktyk.

Niektóre linie (Hβ, Mg II) są bardzo słabe, ponieważ powstają w pobliżu czarnej dziury, w strzefie, gdzie prędkość rotacji sięga 20 000 km/s.



Kwazar znajdujący się w redshiftie z równym 0.548, co odpowiada odległości około 10 miliardów lat świetlnych.

Temperatury gwiazd

Nie wszystkie gwiazdy mają ten sam kolor. Te chłodniejsze są czerwone.

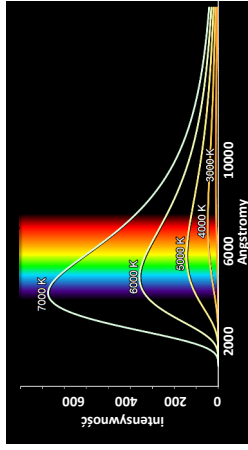
Najgorętsze są niebieskie. Słońce, o temperaturze powierzchni 5500°C (5800 K), jest żółte. Różnice w kolorach wynikają z tego, że kształt widma promieniowania gwiazdy zmienia się w zależności od temperatury, jak pokazano na rysunku na przeciwnej stronie.

Ponżej znajdują się widma widzialne prawdziwych gwiazd różnych typów (**O**, **B**, **A**, **F**, **G**, **K**, **M**). Każdy typ ma swoją charakterystyczną temperaturę. Oprócz ogólnego rozkładu natężenia promieniowania występują również linie **absorpcyjne** o różnej głębokości, spowodowane obecnością pierwiastków występujących w atmosferze gwiazd w postaci atomów lub jonów.

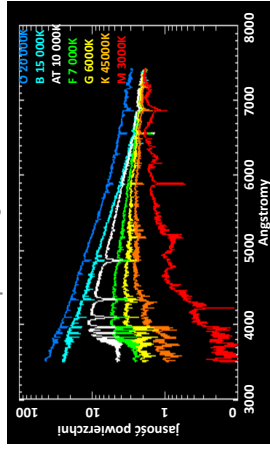
Widma kwazarów

Kwazary są obiektami znajdującymi się w bardzo dużych odległościach i zawierają w swoim centrum supermasywną czarną dziurę, która przyciąga otaczającą ją materię (patrz TUIMP 6). Przed wpadnięciem do czarnej dziury, materia jest zwiniana w "dysk akrecyjny" i podgrzewana do setek tysięcy stopni. Powoduje to wyraźne niebieskie widmo. Linie **emisyjne** ulegają poszerzeniu i przesunięciu ku czerwieni (przesunięcie to nazywane jest "redshiftem").

Poszerzenie i przesunięcie linii wynikają z efektu Dopplera (patrz TUIMP 15), który zmienia częstotliwość fali świetlnej w zależności od prędkości źródła wobec obserwatora. Linie są przesunięte ku czerwieni w wyniku recesji kwazarów spowodowanej rozszerzaniem się Wszechświata i poszerzone w wyniku rotacji materii wokół czarnej dziury.

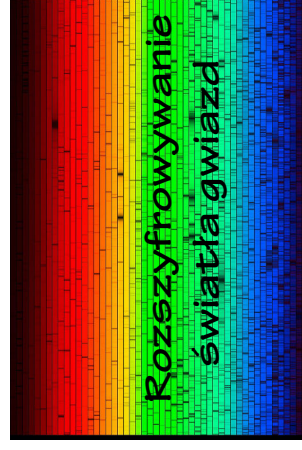


Natężenie promieniowania gorącego ciała w funkcji długości fali dla różnych wartości temperatury.



Widma gwiazd różnych typów w zakresie światła widzialnego.

Wszechświat w mojej kieszeni

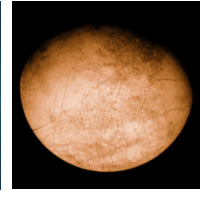
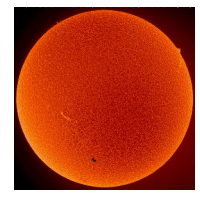
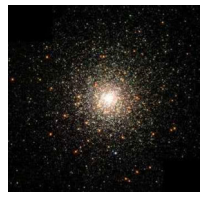


Grażyna Stasińska
Obserwatorium w Paryżu



Quiz

Który z tych obiektów ma linie emisyjne w jego widmie?



Odpowiedź na odwrocie

wzbogacone w produkty nukleosyntezy.

Ogólnie rzecz biorąc, widać, że gwiazdy mają skład chemiczny podobny do Słońca. Jednak gwiazdy w najbardziej oddalonych częściach Galaktyki są zwykle mniej bogate w pierwiastki cięższe od helu, ponieważ są mniej wzbogacone w produkty nukleosyntezy.

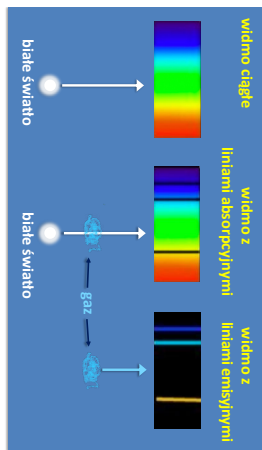
Tam reakcje nukleosyntezy (patrz TUJMP 1.4), ale nie jest to mierzone bezpośrednio.

Gwiazdy mają skład chemiczny podobny do Słońca. Jednak gwiazdy w najbardziej oddalonych częściach Galaktyki są zwykle mniej bogate w pierwiastki cięższe od helu, ponieważ są mniej wzbogacone w produkty nukleosyntezy.

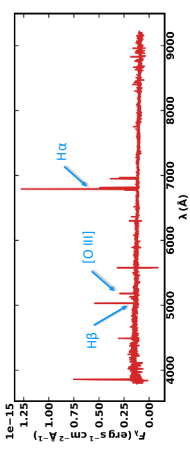
Skład chemiczny atmosfery gwiazdy jest zasadniczo identyczny ze składem otok molekularnego, w którym gwiazda się uformowała. Wnętrze gwiazdy ma inny skład chemiczny niż atmosfera ze względu na zachodzące tam reakcje nukleosyntezy (patrz TUJMP 1.4), ale nie jest to mierzone bezpośrednio.

Skład gwiazd

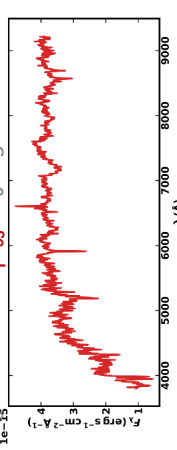
Rodzaje widn



Foton ("złazmo światła") może wzbudzić atom poprzez przeniesienie elektronu na wyższy poziom energetyczny. Jeśli foton ma wystarczającą energię, może zionizować atom, tzn. usunąć elektron z atomu. W obu przypadkach foton jest pochłaniany. W procesie odwrotnym, deekscytacji lub rekombinacji, następuje emisja fotonu.



Galaktyka spiralna. Jej widmo, ukazujące linie emisyjne, jest podobne do widna regionu HII.



Galaktyka eliptyczna. Jej widmo, uzyskane w ramach Sloan Digital Survey (SDSS), wykazuje malejącą intensywność w kierunku krótszych długości fal, ponieważ większość gwiazd galaktyki mają szosó czerwony. Widoczne są charakterystyczne linie absorpcyjne tych gwiazd.

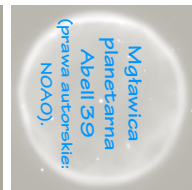


Obraz Słońca. (prawa autorskie: NASA).



Gromada kulieta MBO (prawa autorskie: AURA/STSD/NASA).

Tylko młnawka planetarna posiada w swoim widnie linie emisyjne.



Młnawka planetarna Abell 39 (prawa autorskie: NOAO).



Europa, satelita Jowisza. Zdjęcie wykonane przez sondę kosmiczną Voyager. (prawa autorskie: NASA).

Wszystkie pozostałe obiekty mają widna podobne do gwiazdowych.

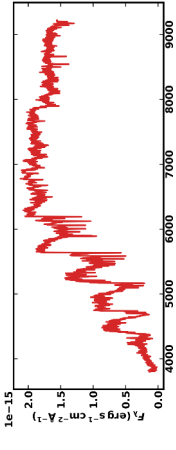
zdominowane przez gorące gwiazdy.

Galaktyki spiralne zawierają gaz i masywne gwiazdy (typu O i B) zdolne do jonizacji gazu. Dlatego w ich widmach widoczne są intensywne linie emisyjne, nałożone na widno zdominowane przez gorące gwiazdy.

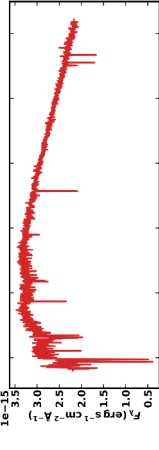
Galaktyki eliptyczne (patrz TUJMP 3 i 2.3) nie zawierają gazu i od dłuższego czasu nie powstały w nich nowe gwiazdy. Są one zamieszkane tylko przez stare, czerwone gwiazdy. Wszystkie masywne gwiazdy, które kiedyś w nich były, eksplodowały jako supernowe. Ich widma pokazują jedynie linie absorpcyjne.

Galaktyka zawiera miliony lub nawet miliardy gwiazd i czasami gaz. Widno galaktyki powinno zatem wyglądać jak kombinacja widn gwiazdowych i ewentualnie młnawicowych.

Widna galaktyk



Powyżej: gwiazda typu G o normalnym składzie (podobna do Słońca).



Oto widna dwóch gwiazd, które różnią się jedynie składem chemicznym.

W 1835 roku francuski filozof Auguste Comte stwierdził, że nigdy nie dowiemy się z czego zbudowane są gwiazdy.

Jednak już Isaac Newton wykazał, że jeśli wiążkę światła ze Słońca rozdzieli się przez pryzmat, to otrzyma się planę o kolorach tęczy: "widno" (patrz TUJMP 2).

W 1814 roku Joseph von Fraunhofer zbudował spektrograf, którym odkrył ponad 500 ciemnych linii w widnie Słońca. Jednak dopiero w 1860 roku Gustav Kirchhoff wykazał, że linie te pochodzą od pierwiastków chemicznych znajdujących się w górnych warstwach Słońca. Wkrótce potem rozpoczęto identyfikację tych linii, co zaprzeczyło teorii Comte'a. Był to początek astrofizyki, dziedziny astronomii zajmującej się badaniem natury gwiazd poprzez analizę emitowanego przez nie promieniowania.

Aby dowiedzieć się więcej o tej kolekcji i tematach przedstawionych w tej książeczce, można odwiedzić stronę <http://www.tuijmp.org>

Turnazowanie: Anna Wójcik
TUJMP Creative Commons



Wszystkie pozostałe obiekty mają widna podobne do gwiazdowych.

Książeczka ta została napisana w 2021 roku przez Grażynę Strasińską z Obserwatorium Paryskiego, z pomocą Natalli Vale Asari (UFSC, Brazylia).

Zdjęcie na okładce: Widno Słońca poćnięte na pasma i ułożone jedno na drugim. Widać na nim wszystkie linie absorpcyjne powstające w atmosferze Słońca w zakresie widzialnym. Jest to "kod kreskowy" Słońca. Widno zostało uzyskane za pomocą teleskopu słonecznego w National Solar Observatory w Kitt Peak, Arizona (USA).