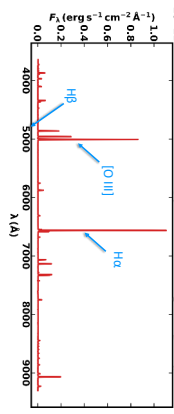


Mgławica planetarna NGC 7662 zjonizowana przez gwiazdę o temperaturze 150 000 K. Ponieważ gwiazda ta jest gorętsza, wytwarza większą ilość jonów O^{++} , a linie [O III] są bardziej intensywne w porównaniu z $H\beta$ i $H\alpha$.



Mgławica planetarna $H\beta$ 12, zjonizowana przez gwiazdę o temperaturze 48000K. Najjaśniejsze linie w jej widmie to linie rekombinacji wodoru $H\alpha$ i $H\beta$ oraz zakazane linie jonów O^{++} (atom tlenu, który stracił dwa elektrony), oznaczone jako [O III].

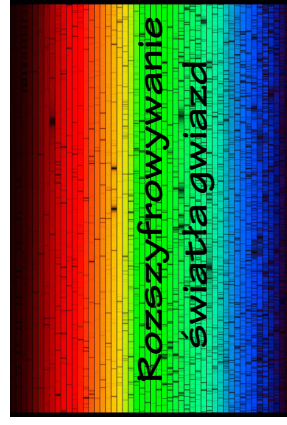
Widma zjonizowanych mgławic

Mgławice są obkami rozproszonego gazu. Mogą być zjonizowane przez młode masywne gwiazdy o temperaturze około 40 000 K (są to "regiony H II") lub przez mniejsze masywne, wyewoluowane gwiazdy, których temperatura może przekraczać 100 000 K (są to "mgławice planetarne"). Widma zjonizowanych mgławic bardzo różnią się od widm gwiazdowych. Podczas gdy te ostatnie pokazują głównie linie absorpcyjne, większość światła w mgławicach jest emitowana w zaledwie kilku liniach, które pochodzą albo z rekombinacji wodoru i helu, albo ze zderzeń z elektronami swobodnymi w gazie.

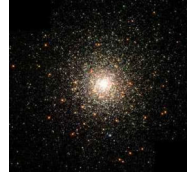
Te koloryjne linie nie są obserwowane w gwiazdach i początkowo przypisywano je nieznanemu pierwiastkowi, zwanemu "nebulium". Dopiero w 1928 r. Ira Bowen wykazał, że linie te pochodzą od znanych pierwiastków, ale występują tylko przy bardzo małych gęstościach. Nazwano je "liniami zakazanymi".

9

Wszelchwiat w mojej kieszeni



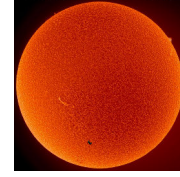
Grażyna Stasińska
Obserwatorium w Paryżu



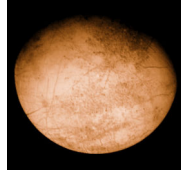
Który z tych obiektów ma linie emisyjne w jego widmie?



Odpowiedz na odwrócie



Quiz

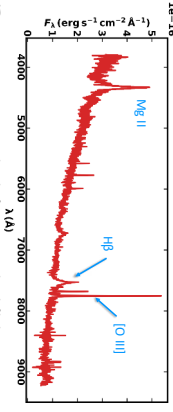


Widma kwazarów

Kwazary są obiektami znajdującymi się w bardzo dużych odległościach i zawierały 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 przesunięcie linii emisyjnych 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 recessji kwazarów spowodowanej rozszerzaniem się Wszelchwiata i poszerzone w wyniku rotacji materii wokół czarnej dziury.

13



Kwazar znajdujący się w redshiftcie z równym 0,548, co odpowiada odległości około 10 miliardów lat świetlnych.

Przy tym przesunięciu ku czerwieni, linie są przesunięte w długości fali o ponad 50%. Na przykład, linia wodoru $H\beta$ 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 ($H\beta$, $Mg II$) są bardzo szerokie, ponieważ powstają w pobliżu czarnej dziury, w strefie, gdzie jej długość rotacji sięga 20 000 km/s. Widmo wznosi się ku błękitowi z powodu emisji z dysku akrecyjnego, który jest bardzo gorący.

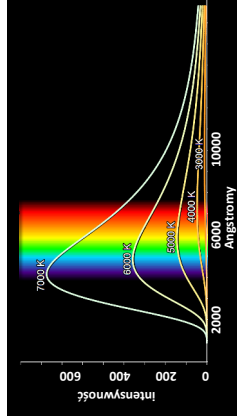
12

Temperatury gwiazd

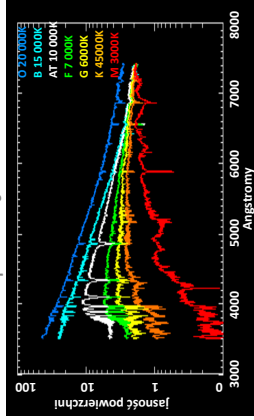
Nie wszystkie gwiazdy mają ten sam kolor. Te chłodniejsze są czerwone. Najgorętsze są niebieskie. Stofce, o temperaturze powierzchni 5500 °C (5800 K), jest żółte. Różnice w kolorach wynikają z tego, że kształt widma promieniowania gwiazdy zmienia się w zależności od temperatury, jak pokazano na rysunku na przeciwnej stronie.

Poniżej 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.

5



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



Widma gwiazd różnych typów w zakresie światła widzialnego.

wzbogacone w produkty nukleosyntezy.

cięższe od helu, ponieważ są mniej
zwykle mniej bogate w pierwiastki
oddalonych częściach Galaktyki są
Stońca. Jednak gwiazdy w najbliższej
Ogólnie rzecz biorąc, widać, że gwiazdy
bezpłodnie.

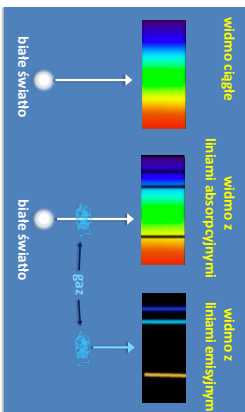
TUMIP 14), ale nie jest to mierzone
atmosfera ze względu na zachodzące
tam reakcje nukleosyntezy (patrz
głównie reakcje nukleosyntezy)
głównie reakcje nukleosyntezy
głównie reakcje nukleosyntezy

Skład chemiczny atmosfery gwiazdy jest
zasadniczo identyczny ze składem
obłoku molekularnego, w którym
głównie reakcje nukleosyntezy
głównie reakcje nukleosyntezy

Skład gwiazd

Dziś, dzięki liniom **absorpcyjnym**
obserwowanym w widmach gwiazd,
astronomowie wiedzą, jakie pierwiastki
są obecne w ich atmosferach i mogą
zmierzyć ich liczebność.

Rodzaje widm



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



zdominowane przez gorące gwiazdy.

emisyjne, nałożone na widmo
widmach widoczne są intensywne linie
do jonizacji gazu. Dlatego w ich
małymi gwiazdy (typu **O** i **B**) zdolne
Galaktyki spiralne zawierają gaz i
absorpcyjne.

widma pokazują jedynie linie
były, eksplodowały jako supernowe. Ich
małymi gwiazdy, które kiedyś w nich
czerwone gwiazdy. W wszystkie
one zamieszkałe tylko przez stare,
nie powstały w nich nowe gwiazdy. Są
nie zawierają gazu i od dłuższego czasu
Galaktyki eliptyczne (patrz TUMIP 3.23)

Galaktyka zawiera miliony lub nawet
miliardy gwiazd i czasami gaz. Widmo
galaktyki powinno zatem wyglądać jak
kombinacja widm gwiazdowych i
ewentualnie mgławicowych.

Widma galaktyk

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



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

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

Wszelkie światło w mojej kieszeni Nr 30

Księżyczka ta została napisana w 2021
roku przez Grzegorz Stasińską z
Observatorium Paryskiego, z pomocą Natalii
Vale Asari (JFSC, Brazylia).

Zdjęcie na okładce: Widmo Stońca
na pasma i ułożone jedno na drugim.
Widać na nim wszystkie linie absorpcyjne
powstałe w atmosferze Stońca w
zakresie widzialnym. Jest to "kod
kreskowy" Stońca. Widmo zostało
użyte przez Kite Peak, Arizona (USA).

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

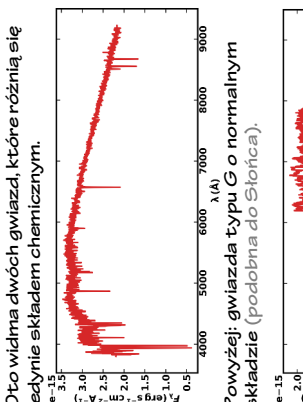


falach są wynikają z obecności molekuł węgla.

Powyżej gwiazda typu **G** z powierzchnią
bardzo bogatą w węgiel (wytworzone
w gęstych gwiazdach i wynieszone na
powierzchnię przez konwekcję). Głębsze,
szerokie linie i depresja przy krótszych

składzie gwiazda typu **G** o normalnym
Powyżej gwiazda typu **G** o normalnym
składzie gwiazda typu **G** o normalnym
składzie gwiazda typu **G** o normalnym

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



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

Powyżej gwiazda typu **G** o normalnym
składzie gwiazda typu **G** o normalnym
składzie gwiazda typu **G** o normalnym
składzie gwiazda typu **G** o normalnym

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 wiązkę światła ze Stońca rozdzielili
się przez pryzmat, to otrzyma się
plamę o kolorach tęczy: "widmo" (patrz
TUMIP 2).

W 1814 roku Joseph von Fraunhofer
zbudował spektrograf, którym odkrył
ponad 500 ciemnych **linii** w widmie
Stońca. Jednak dopiero w 1860 roku
Gustav Kirchhoff wykazał, że linie te
pochodzą od pierwiastków
chemicznych znajdujących się w
górnych warstwach Stońca. Wkrótce
potem rozpoczęto identyfikację tych
linii, co zaprzeczyło pesymistycznym
przewidywaniom Comte'a.

Był to początek **astrofizyki**, dziedzin
astronomii zajmującej się badaniem
natury gwiazd poprzez analizę
emitowanego przez nie promieniowania.