

Krzysztof Gęsicki

Fizyka atmosfer gwiazdowych

Wykład kursowy dla IVr. astronomii

wykład 1 – czwartek, 4 października 2007

liczymy fotony

Masiewicz i Tutukow we wstępie do książki z 1988r. opisującej ewolucję gwiazd:

– założmy, że całkowita powierzchnia zwierciadeł wszystkich teleskopów dostępnych astrofizykom wynosi 100 m^2

– czas wykorzystania tej powierzchni wynosi 50 lat

– można obliczyć, że całkowita energia fotonów zebranych w ciągu tego czasu obserwacji przez zwierciadła teleskopów wyniesie około 10^{10} ergów

– urządzenia rejestrujące wychwycą tylko około 1% tej wartości.

– przeznaczymy tę energię na ogrzanie szklanki wody – okaże się, że jej temperatura wzrośnie o $0.1 \text{ }^\circ\text{C}$

czyli **10 kalorii** leży u podstaw współczesnej astrofizyki.

trochę historii badania gwiazd

Ok. 1600 – Brache i Kepler sądzili, że supernowe to gwiazdy, które się rodzą

1789 – Herschel porównywał badanie ewolucji gwiazd do badania życia roślin, sugerował, że mgławice planetarne to wczesna faza życia gwiazd

na początku XIX w. Laplace wiedział, że obserwowane mgławice, to galaktyki podobne do naszej, z gwiazdami w różnych stadiach tworzenia, które nieustannie zchodzi; gromady gwiazd – to nie przypadek, lecz wspólne pochodzenie

jeszcze w połowie w XIX w. w. uważano, że Słońce jest chłodne i twarde, a tylko jego zewnętrzna część jest rozpalona, np. wskutek padania komet lub meteorów na powierzchnię. Temperaturę szacowano od 1 500 do 5 000 000 stopni

w poł. XIX w. obliczono (Kelvin i Helmholtz) że Słońce jako kula gazowa może świecić kosztem sciskania grawitacyjnego przez ponad 20 mln lat.

Obecnie wiemy, że uwzględnienie degeneracji materii wydłuża ten okres do 2 miliardów lat, przy prawie stałej jasności. Wówczas szacowano wiek Ziemi na miliony lat, co zgadzało się z ówczesnym oszacowaniem wieku Słońca

1844 – Bessel „obliczył” pierwszego białego karła, na podstawie ruchów Syriusza, zaobserwowano go 18 lat później

pod koniec XIX w. obliczano tzw. modele politropowe gwiazd, otrzymując temperatury w centrum ok. 17 mln stopni

pod koniec XIX w. odkryto rozpad promieniotwórczy \Rightarrow wiek Ziemi kilka miliardów lat, Słońce nie powinno być młodsze

początek XX w. powstają diagramy H–R, kryterium Jeans’a, rozwój fizyki jądrowej

połowa XX w. rozwój komputerów i obliczeń numerycznych

trochę historii spektroskopii

1802 – William Wollaston jako pierwszy obserwował linie widmowe w świetle słonecznym:

po prostu dostrzegł przerwy w widmie pryzmatycznym,

dziś wiemy, że odpowiadały one liniom D sodu oraz H i K wapnia

1814–1823 – Joseph Fraunhofer powtórnie „odkrył” linie widmowe,

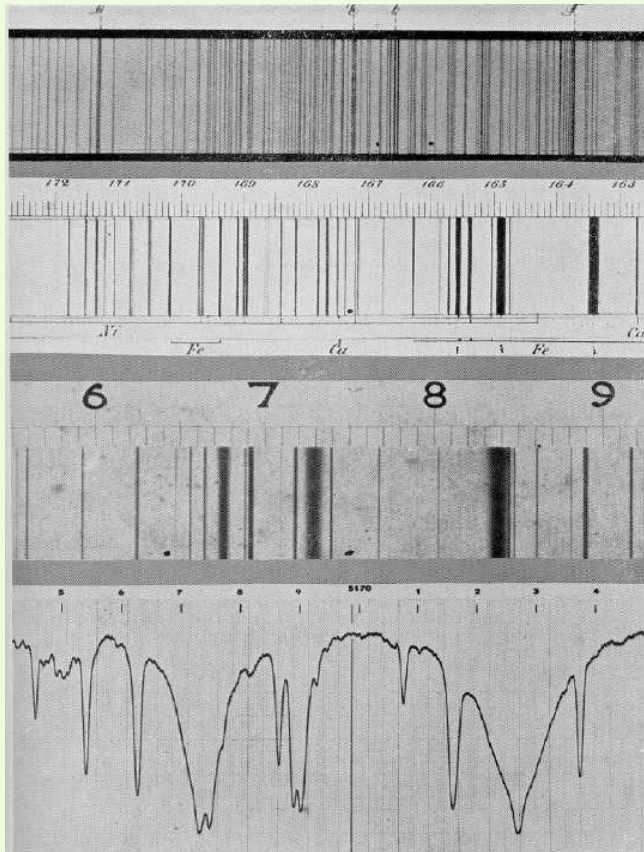
dokonał systematycznej inwentaryzacji linii, nazywając te najsilniejsze kolejnymi literami alfabetu

do dzisiaj częściowo wykorzystujemy to nazewnictwo, choć np. linia G okazała się być pasmem molekuly CH

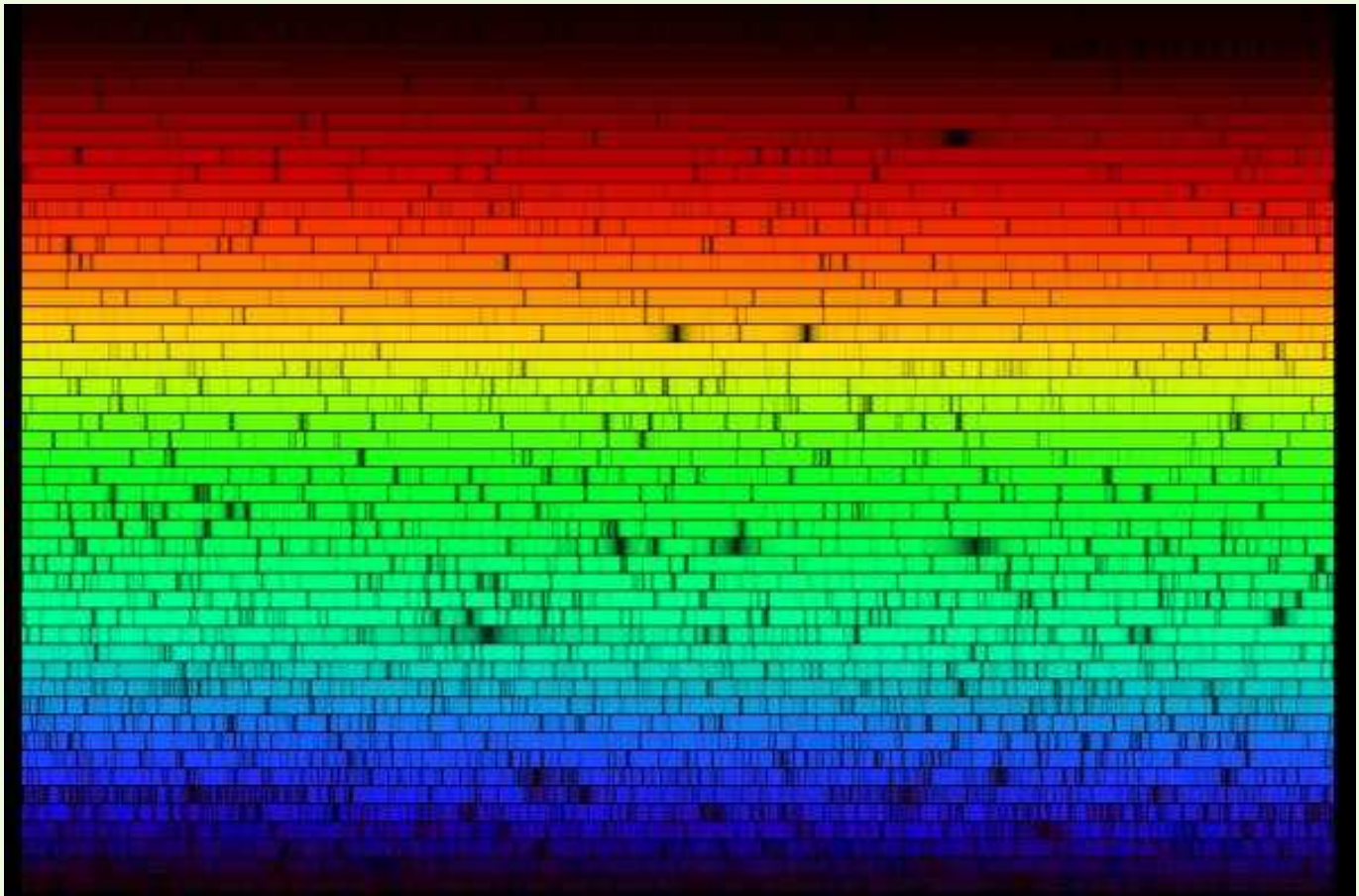
jego rysunki pokazują, że dostrzegał także setki słabszych linii widmowych

dla wielu linii mierzył długości fali

także omawiał widma Wenus i niektórych gwiazd



atlasy słoneczne: Fraunhofera z 1815, Kirchhoffa z 1861, Rowlanda z 1897 i z Utrechtu z 1940. Oznaczone *b* u góry to trzy zielone linie MgI widoczne też niżej



dla porównania współczesne widmo Słońca

1823 – William Herschel doszedł do wniosku, że linie widmowe muszą zawierać informację o składzie materii gwiazdowej

1842 – Becquerel fotografował widmo Słońca, rejestrując wiele niewidocznych linii zakresu ultrafioletowego

1860 – Kirchhoff & Bunsen zauważyli, że linie absorpcyjne widm gwiazdowych są odwrotnościami linii emisyjnych tych samych cząstek obecnych w płomieniach palnika laboratoryjnego – był to początek jakościowej spektroskopii

anegdota mówi, że obserwując linie sodu w płomieniach odległego pożaru, doszli do wniosku, że kody linii widmowych są niezależne od odległości, co powinno pozwolić na ilościową analizę odległych obiektów

Kirchhoff stwierdził, że żelazo, wapń, magnez, sód, nikiel i chrom są na pewno obecne na Słońcu, a kobalt, bar, miedź i cynk prawdopodobnie też

Ojciec Secchi założył jezuickie obserwatorium w Watykanie

sam był niezmiernie aktywny, w ciągu 30 lat napisał 700 artykułów i dwie książki

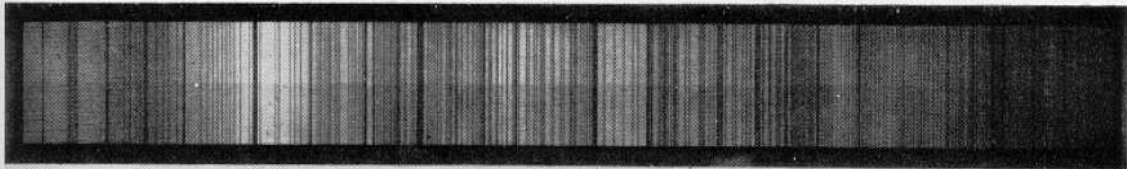
zapoczątkował w 1864 klasyfikację widmową:

typ 2 – podobne do słonecznego z wieloma liniami

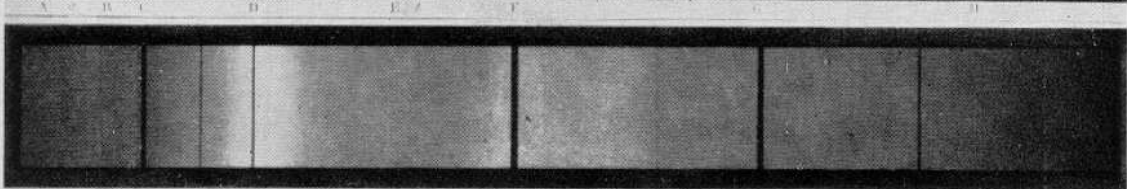
typ 1 – białe i niebieskawe z silnymi liniami wodoru

typ 3 – podobne do Betelgezy, z pasmami

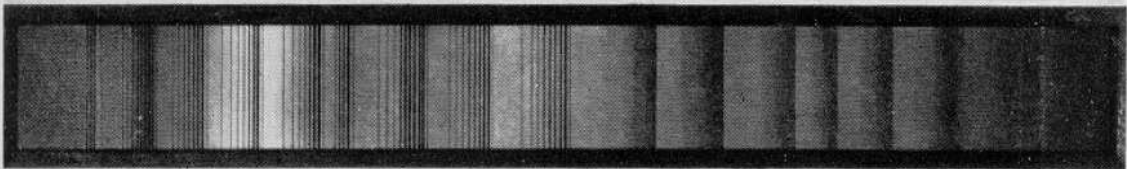
typ 4 – ciemno-czerwone z rozmytymi pasmami



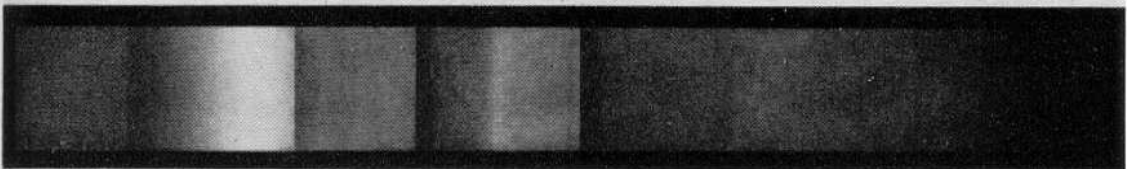
2nd
type



1st
type



3rd
type



4th
type

Edward Pickering, dyrektor obserwatorium Harvard zapoczątkował gromadzenie kolekcji płyt fotograficznych

wdowa po Henrym Draperze przekazała znaczne sumy pieniędzy na te badania

zamówiono kilka teleskopów wyposażonych w niskodispersyjne pryzmaty obiektywowe, 5-minutowe ekspozycje pozwalały sięgnąć gwiazd 6 mag w polu 10 stopni kwadratowych

Williamina Fleming wykonała większość pracy nad katalogiem Draper Memorial zawierającym 10 351 gwiazd

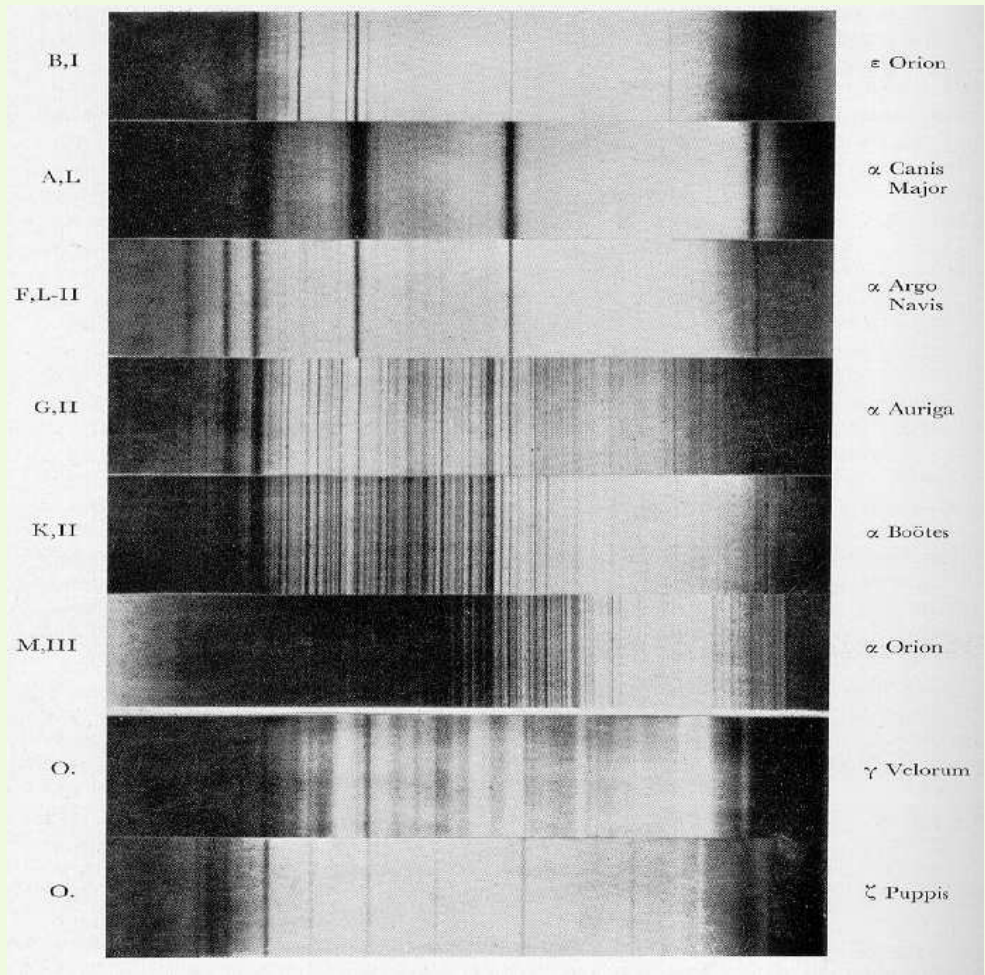
posługiwała się starą klasyfikacją Secchi'ego, rozbudowując ją

Antonia Maury analizowała 5 000 płyt o znacznie lepszej dyspersji, wprowadziła nowy schemat klasyfikacyjny z 22 klasami, który jednak był krytykowany jako zbyt skomplikowany

Pickering odkrył, że linie widoczne w widmie ζ Puppis spełniają równanie Balmera dla wodoru, ale z połówkowymi wartościami zamiast całkowitych.

Przyporządkował je nowemu stanowi wodoru,

dopiero Bohr zidentyfikował je jako He II



Annie Cannon uaktualniła dawniejszą klasyfikację Fleming, biorąc pod uwagę linie zjonizowanego helu, jak np. widoczne w widmie ζ Puppis

Miss Cannon utworzyła znany ciąg O-B-A-F-G-K-M z dziesiętnym podpodziałem

w 1911 rozpoczęła pracę nad katalogiem Henry Drapera, klasyfikację 225 300 gwiazd zakończyła po 4 latach osiągając średnią 30 widm na godzinę pracy (oczywiście miała pomocników)

warto pamiętać, że ciągle była to klasyfikacja morfologiczna

W ciągu życia wykonała 395 000 klasyfikacji

dla porównania:

Over the course of five years, SDSS-I imaged more than 8,000 square degrees of the sky, detecting nearly 200 million celestial objects, and it measured spectra of more than 675,000 galaxies, 90,000 quasars, and 185,000 stars.



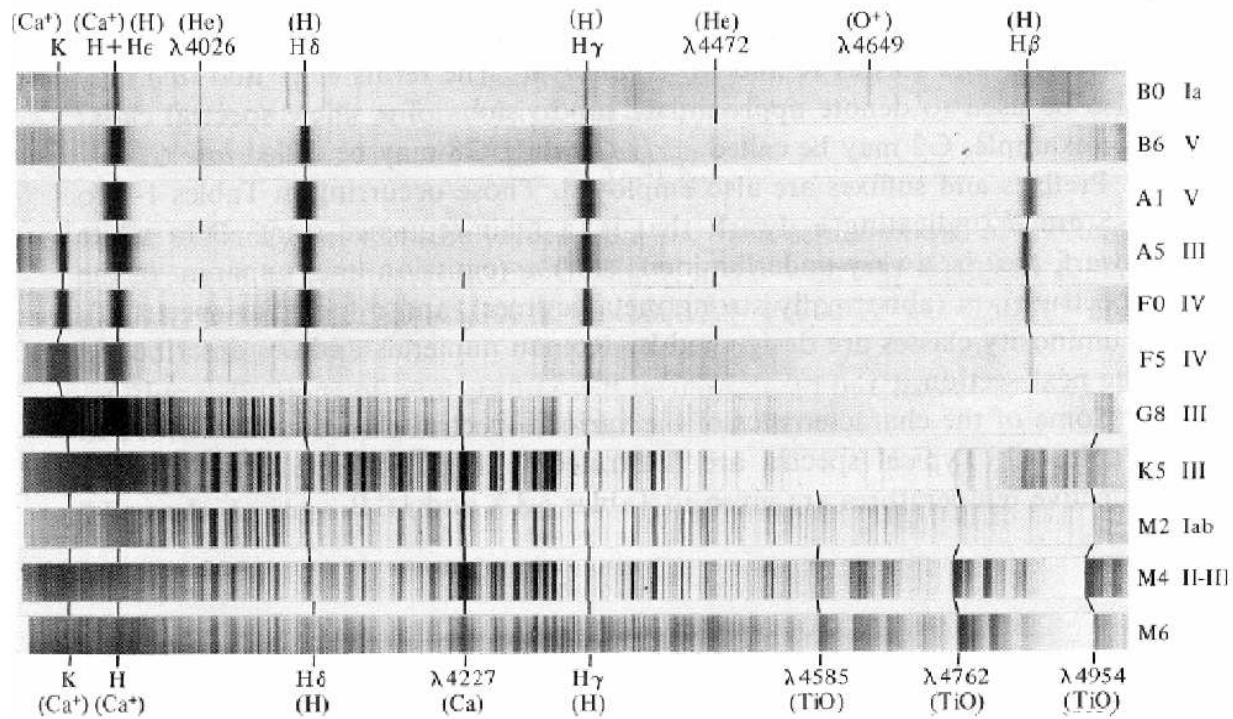
Pickering z „haremem” pań zatrudnionych w charakterze komputerów

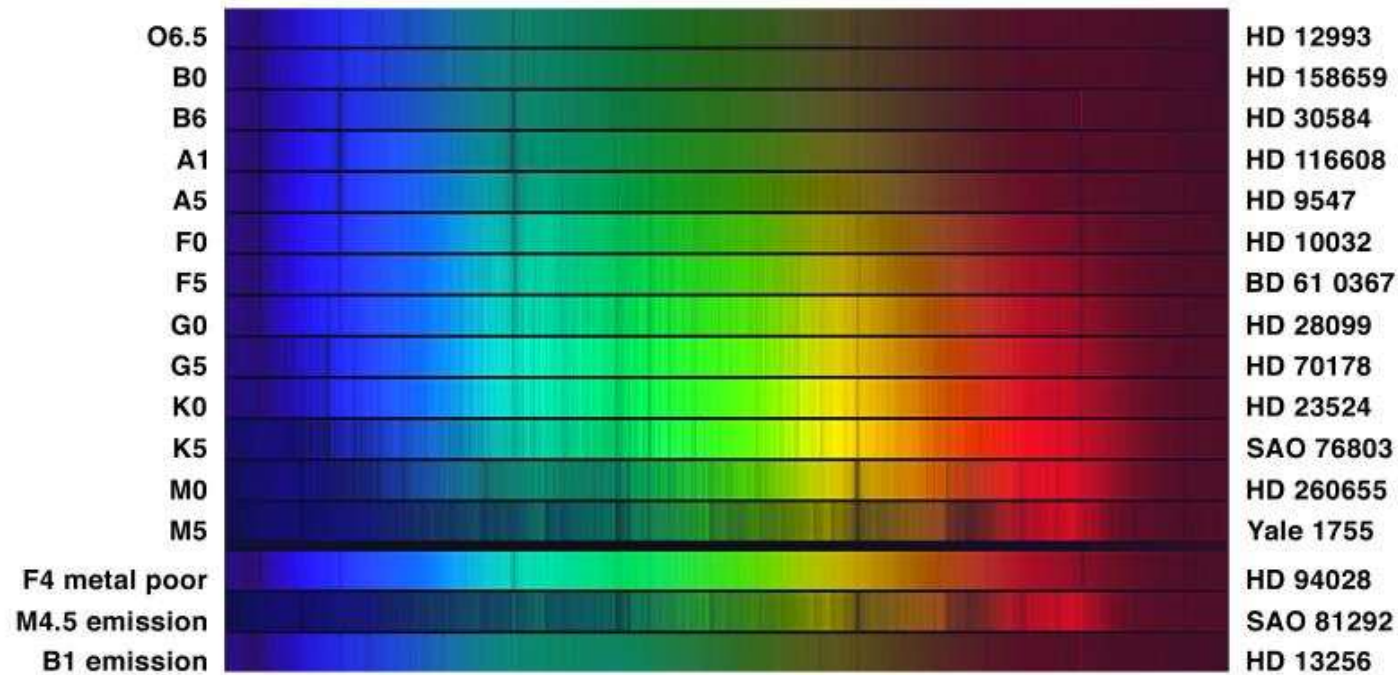


Annie Cannon

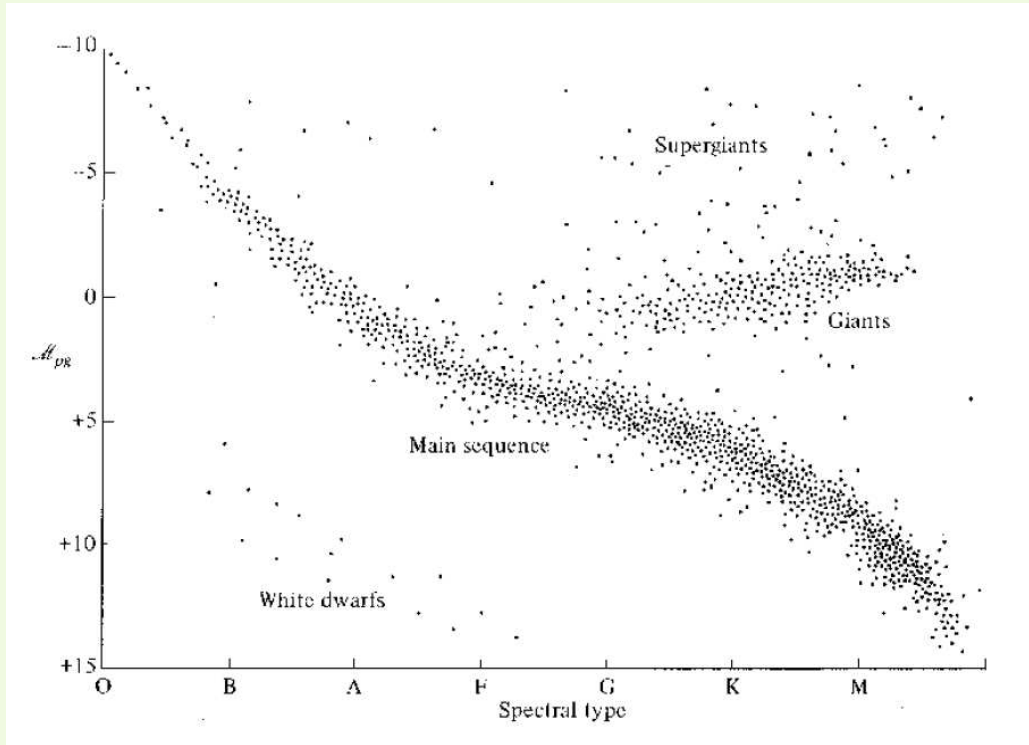


Annie Cannon



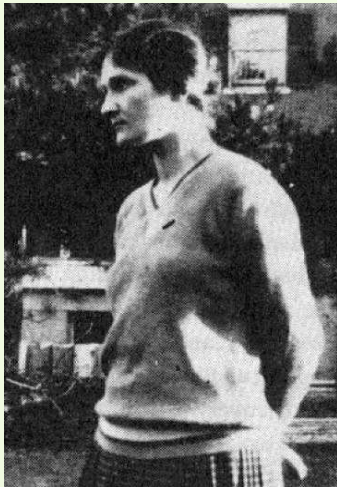


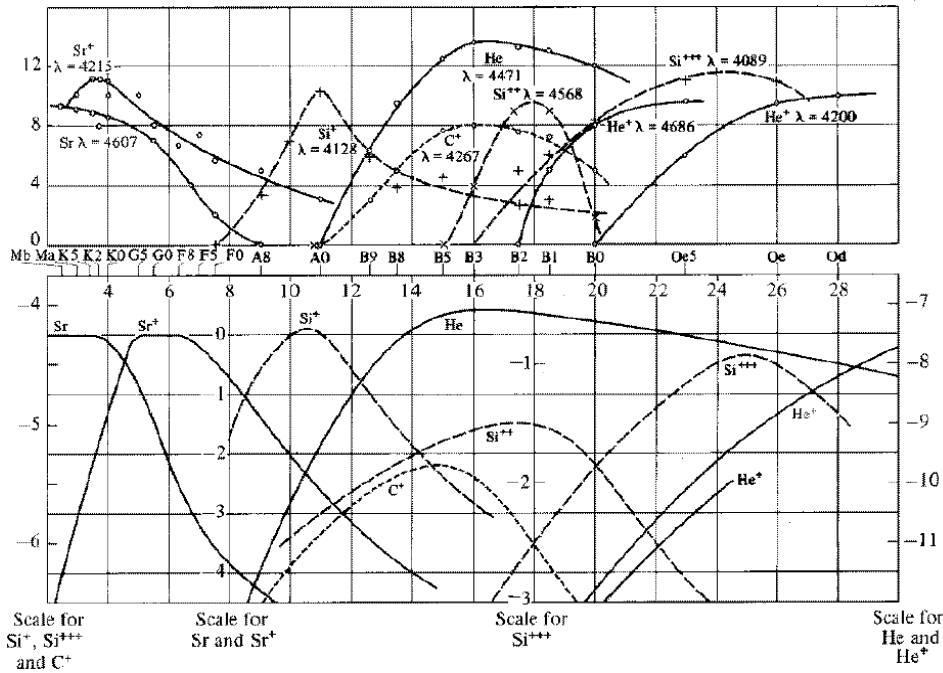
1908 Hertzsprung i 1913 Russel – niezależnie od siebie sporządzili wykres jasności absolutnej w funkcji typu widmowego



1925 – Cecilia Payne wykazała w pracy doktorskiej (pierwsza kobieta z doktoratem otrzymanym w Harvardzie), że zmiany natężeń linii można wyjaśniać posługując się prawem jonizacji Sahy, czyli sekwencja typów widmowych jest funkcją temperatury, a gwiazdy mają podobny skład chemiczny

spektroskopia gwiazd przeszła od morfologii do astrofizyki





u góry: obserwowane natężenia linii; u dołu: obsadzenia odpowiedniego dolnego poziomu obliczone z równań Sahy i Boltzmann

1938 – Morgan wprowadził klasy jasności I, II, III, IV, V

1930 – 1965 Minnaert ze współpracownikami określili szerokość równoważną i zapoczątkowali analizę metodą krzywej wzrostu

1940 – szczegółowa inwentaryzacja widma słonecznego, tzw. „Utrecht Atlas”

1966 – lista szerokości równoważnych dla 24 000 linii widma Słońca – tzw. tablice Moore

itd.