

PRACE TOWARZYSTWA PRZYJACIÓŁ NAUK W WILNIE.
Wydział nauk matematycznych i przyrodniczych. Tom XI.
TRAVAUX DE LA SOCIÉTÉ DES SCIENCES ET DES LETTRES DE WILNO.
Classe des Sciences mathématiques et naturelles. Tome XI.

BULLETIN
DE L'OBSERVATOIRE ASTRONOMIQUE
DE WILNO

I. ASTRONOMIE
№ 18

BIULETYN
OBSERWATORJUM ASTRONOMICZNEGO
W WILNIE

WILNO
1937

Wydano częściowo z zasiłku Funduszu Kultury Narodowej.
Zakłady Graficzne „ZNICZ”, Wilno.

Bulletin
de
l'Observatoire astronomique
de
Wilno.

Biblioteka Jagiellońska



1003122544

I. ASTRONOMIE

№ 18

Biuletyn 166
Obserwatorium astronomicznego
w Wilnie.

==== 1937 ====

Wydano częściowo z zasiłku Funduszu Kultury Narodowej.

102685 II

1937



Dor wydawnictwa

AKC. NR. 1580 30/39
B.

WILHELMINA IWANOWSKA.

Cechy charakterystyczne nadolbrzymów klas F, G, K w widmach o małej dyspersji.

The characteristics of late class supergiants in low dispersion spectra.

(Komunikat zgłoszony przez czł. Wł. Dzięwulskiego na posiedz. w dn. 14.XII.1936 r.)

I. Wstęp.

W czasie swego pobytu w Obserwatorium sztokholmskiem w Salt-sjöbaden rozpoczęłam pracę nad poszukiwaniem kryterjów spektrofotometrycznych, pozwalających odróżnić nadolbrzymy klas F, G, K, czyli t. zw. pseudocefeidy, od olbrzymów i karłów tych samych klas spektralnych na podstawie widm o małej dyspersji.

Metoda paralaks spektroskopowych w tej postaci, w jakiej jest stosowana głównie w Obserwatorium na Mount Wilson, oddała wielkie usługi astronomji, gdyż pozwoliła wyznaczać odległości gwiazd na podstawie ich widm. Ogranicza się ona jednak do gwiazd jaśniejszych, ponieważ, opierając się na stosunkach natężeń poszczególnych linii, wymaga stosowania dość dużej dyspersji.

Obserwatorium sztokholmskie pod kierunkiem Prof. Lindblada podjęło szeroko zakreślony plan wypracowania metod paralaks spektrofotometrycznych, dających się zastosować do widm o małej dyspersji, a więc przeznaczonych do masowego wyznaczania odległości gwiazd słabych. Astronomowie szwedzcy otrzymali już szereg pozytywnych wyników w postaci kryterjów jasności absolutnej dla poszczególnych grup gwiazd, mianowicie: kryterjum cjanowe dla olbrzymów i karłów klas G i K¹⁾, polegające na tem, że natężenie pasm cjanu przy $\lambda 4216 \text{ \AA}$ wykazuje pozytywny efekt jasności absolutnej (silniejsze dla gwiazd jaśniejszych) — kryterjum to zużytkowuje Obserwatorium hamburskie

¹⁾ B. Lindblad and E. Stenquist, On the spectrophotometric criteria of stellar luminosity. *Astronomiska Iakttagelser och Undersökningar å Stockholms Observatorium*, Bd. 11, No. 12, 1934.

w wydawnictwie Bergedorfer Spektraldurchmusterung; kryterjum linii Ca, λ 4227¹⁾, oraz absorpcji ciągłej w okolicy tej linii²⁾ dla gwiazd klasy M; kryterjum pasm CaH i MgH dla gwiazd klasy M³⁾; kryterjum absorpcji ciągłej wodoru poza granicą serji Balmera dla gwiazd klasy F⁴⁾; kryterjum stosunku natężeń linii wodoru do absorpcji ciągłej wodoru dla gwiazd białych⁵⁾. Kryterja te polegają głównie na wyzyskaniu widm pasmowych, absorpcji ciągłej, lub bardzo silnych linii, są zatem dostępne przy bardzo małej dyspersji.

Nie mówiąc o wyjątkowem stanowisku nadolbrzymów z racji ich budowy, zasługują one na szczególną uwagę już z tego względu, że są najdalszemi gwiazdami z pośród gwiazd o danej wielkości pozornej, z ich więc pomocą sięgamy najgłębiej w przestrzeń. Jak wiadomo, nadolbrzymy należą do rzadkości w naszym układzie galaktycznym, ponieważ jednak dotychczasowe obserwacje nie osiągnęły krańców galaktyki, istnieje pewne prawdopodobieństwo ich istnienia wśród gwiazd pozornie słabych.

Pierwsza część pracy nad poszukiwaniem kryterjów nadolbrzymów, wykonana głównie w Saltsjöbaden⁶⁾, dotyczy klas F i G. Podamy tu w streszczeniu otrzymane wyniki.

Narzędziem, przeznaczonem do wyznaczania paralaks spektrofotometrycznych, jest astrograf Zeissa o średnicy 40 cm z pryzmatem obiektywowym o kącie łamiącym $4^{\circ}8$, dającym na kliszy widmo o dyspersji 1.7 mm pomiędzy H_{γ} i H_{ϵ} . Narzędziem tem wykonano zdjęcia 27 nadolbrzymów i 26 olbrzymów i karłów jako gwiazd porównania. Zdjęć dokonywano poprzez siatkę, umieszczoną przed obiektywem do celów fotometrycznej kalibracji klisz. Otrzymane widma rejestrowano na samozapisującym fotometrze i zamieniano na skalę

¹⁾ J. M. R a m b e r g, The spectrophotometric criteria of stellar luminosity for faint members of the Hyades cluster. Astr. Iaktt. och Unders. å Stockholms Observatorium, Bd. 11, No. 13, 1934.

²⁾ B. L i n d b l a d, The absorption continuum at the resonance line of Ca λ 4227, in dwarf stars of type M. Stockholms Observatoriums Annaler, Bd. 12, No. 2, 1935.

³⁾ Y. Ö h m a n, On the bands of magnesium hydride in stellar spectra. Stockholms Observatoriums Annaler, Bd. 12. No. 8, 1936.

⁴⁾ Y. Ö h m a n and W. I w a n o w s k a, Note on the continuous hydrogen absorption of cF stars. Stockholms Observatorium Meddelande, No. 21, 1935.

⁵⁾ Y. Ö h m a n, On the continuous hydrogen absorption of cA stars. Stockholms Observatorium Meddelande, No. 30, 1937, oraz Y. Ö h m a n, The continuous hydrogen absorption of white dwarfs. Stockholms Observatorium Meddelande, No. 31, 1937.

⁶⁾ W. I w a n o w s k a, The spectrophotometric criteria of the pseudo-cepheids in low dispersion. Stockholms Observatoriums Annaler, Bd. 12, No. 5, 1936.

wielkości gwiazdowych. Z porównania otrzymanych w ten sposób krzywych energii ustalono następujące cechy nadolbrzymów klas F i G :

1) znany efekt barwy, polegający na tem, że gradient krzywej energii jest większy dla nadolbrzymów niż dla gwiazd absolutnie słabszych (nadolbrzymy są bardziej „czerwone“);

2) pozorny efekt cjanu, polegający na tem, że w miejscu występowania u gwiazd późniejszych klas widmowych pasm cjanu, około λ 4180 A, mamy silną depresję w widmach nadolbrzymów F i G, wywołaną nagromadzeniem w tem miejscu wielu linii zjonizowanych metali (szczególnie konglomeraty linii Fe+, Ti+, Y+ przy λ 4173 i 4178 A);

3) szereg drobnych odchyień konturu krzywych energii nadolbrzymów, spowodowanych nierównomiernem rozmieszczeniem szczególnie wzmocnionych linii zjonizowanych metali wzdłuż widma, np. skupienie linii Ti+ koło λ 4400 A.

Praktyczne zastosowanie wymienionych kryterjów przedstawia się w postaci diagramów, których rzędnymi są wymienione efekty jasności absolutnej, wyrażone w różnicach wielkości gwiazdowych pomiędzy odpowiednimi punktami krzywych energii (m_λ), odciętą zaś jest pewien równoważnik typu widmowego, za który wzięto wielkość $g-H_\gamma$, gdzie $g = m_{4260} - m_{4360}$, zaś H_γ oznacza głębokość linii H_γ , mierzoną w wielkościach od prostej, łączącej maksima przyległe do pasma G. Na tych diagramach łatwo można oddzielić obszar nadolbrzymów od obszaru olbrzymów i karłów.

Równoległe do badania widm astrograficznych o małej dyspersji, wykonywano zdjęcia szeregu nadolbrzymów, olbrzymów i karłów w dużej dyspersji za pomocą spektrografów szczelinowych, połączonych z reflektorem o średnicy 1 metra. Zdjęcia te są przeznaczone do szczegółowej analizy natężeń linii widmowych, przedewszystkiem zaś służą do sprawdzania i interpretacji efektów jasności absolutnej, znalezionych w widmach astrograficznych.

Celem pracy obecnej jest ustalenie kryterjów dla nadolbrzymów klasy widmowej K, dla których materiał astrograficzny był zbyt szczupły. Z tego powodu metoda obecnej pracy jest odwróceniem metody poprzedniej: z widm szczelinowych o dużej dyspersji dedukowano kryterja dla małej dyspersji. W tym celu widma szczelinowe sprowadzano do postaci podobnej do widm małej dyspersji przez całkowanie absorpcji linii w kolejnych przedziałach λ . Uzyskane w ten sposób „zcałkowane“ krzywe energii mają kontur zbliżony do krzywych energii astrograficznych, lecz mają nad nimi tę przewagę, że są

od nich mniej podległe przypadkowym błędom pomiarów i dają bezpośrednią interpretację znalezionych efektów. Przytem, jako uboczny produkt tej metody, otrzymujemy wartości procentowe łącznej energii zaabsorbowanej w liniach fotograficznej części widma dla gwiazd o różnej jasności absolutnej.

II. Metoda opracowania.

Zdjęcia i pomiary.

Materiał obserwacyjny obecnej pracy obejmuje zdjęcia widm gwiazd, należących do klas F, G, K o różnych jasnościach absolutnych. Zdjęcia te wykonano na kliszach „Superguil“ za pomocą reflektora Grubba o średnicy 102 cm, do którego dołączano w ognisku Cassegrain'a jeden z dwóch spektrografów Zeissa o dyspersjach 26 A/mm (trzy pryzmaty) i 74 A/mm (jeden pryzmat) na kliszy koło H γ . Wszystkie gwiazdy z nielicznymi wyjątkami fotografowano dwukrotnie z różnym czasem ekspozycji.

Tablica I podaje numer kliszy, numer gwiazdy w katalogu Boss'a, nazwę, oraz jasność absolutną według Mount Wilson Contribution № 511.

TABLICA I.

26 A/mm				74 A/mm			
			M.				M.
SS 214	Boss 5255	41 Cyg	cF ₄ —0.9	SS 207	Boss 5255	41 Cyg	cF ₄ —0.9
„	„	4055 γ Ser	F ₅ 3.3	„ 206	„	4055 γ Ser	F ₅ 3.3
„ 220	„	5229 γ Cyg	cF ₇ —2.1	„ 223	„	3798A ξ Boo	G ₅ 5.3
„ 117	„	710 ϵ Per	G ₁ 3.9	„	„	4535 θ Her	cK ₁ —1.3
„	„	5931 —	cG ₃ —3.2	„	„	4656 109 Her	K ₂ 0.7
„ 219	„	4535 θ Her ¹⁾	cK ₁ —1.3	„	„	C 1972 —	K ₁ 5.5
„ 220	„	4656 109 Her	K ₂ 0.7				
„ 102	„	5714 ζ Cep	cK ₅ —2.3				
„	„	5431 ξ Cyg	cK ₅ —2.0				
„ 219	„	3809 β UMi	K ₅ —0.5				

Fotometryczne cechowanie klisz realizowano metodą polaryzacyjną Öhmana²⁾: na każdej kliszy fotografowano dodatkowo widmo jakiegokolwiek gwiazdy poprzez podwójnie łamiący kryształ szpatu islandzkiego, umieszczony tuż za szparą spektrografu. Powstają

¹⁾ C. F e d t k e zwrócił uwagę (AN 255, p. 116) na prawdopodobną zmienność tej gwiazdy. Według obserwacji M. P. M u l l e r'a (Journal des Observateurs XVIII, p. 177) θ Her jest zmienną, przypuszczalnie nieregularną, o amplitudzie około 0^m.6.

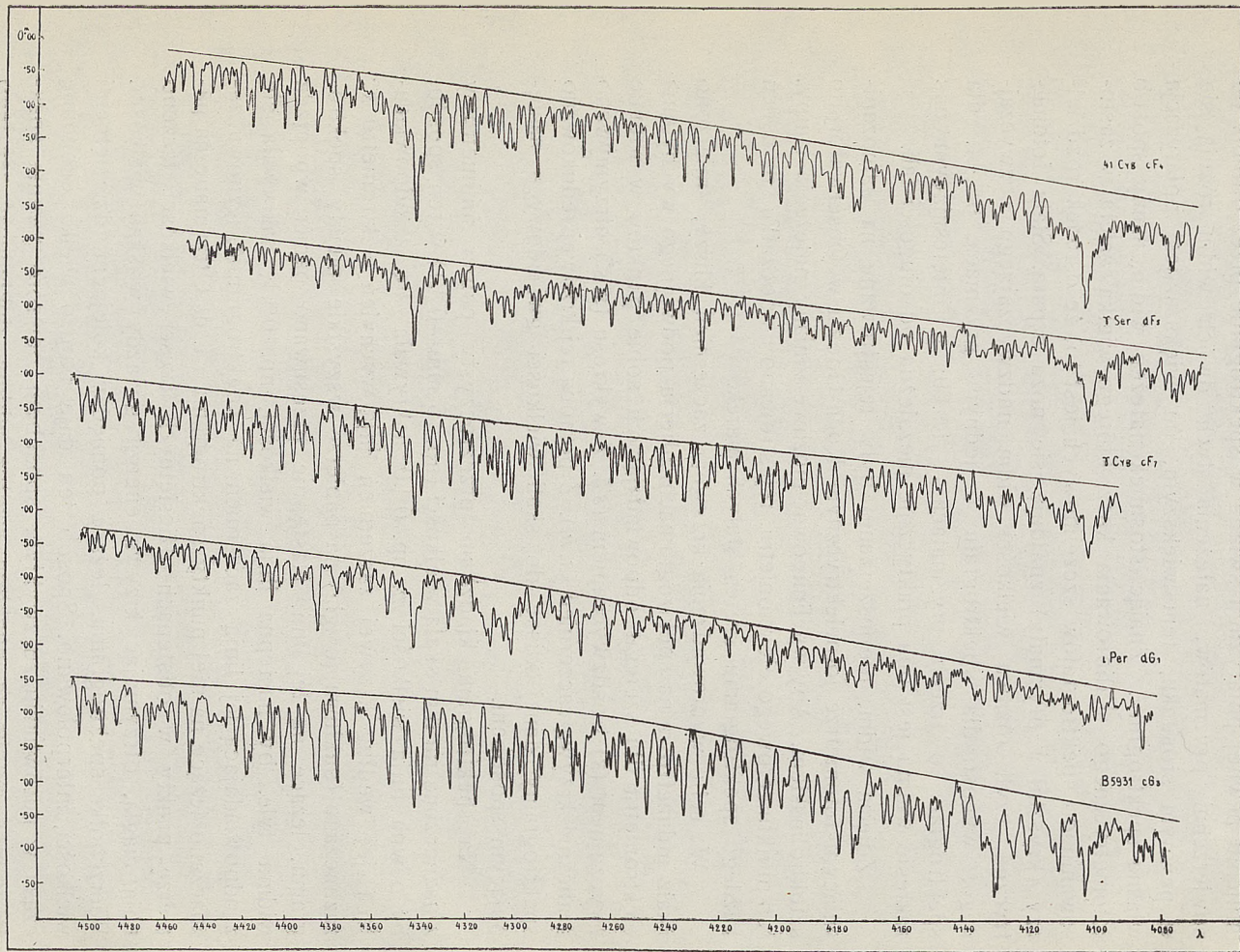
²⁾ Y. Ö h m a n, Photometrische Eichung von Spektrogrammen unter Benutzung der Polarisation im Spektrographen. Stockholms Observatoriums Annaler Bd. 12, No. 6, 1936.

wówczas dwa widma, odpowiadające zwyczajnemu i nadzwyczajnemu biegowi promieni o prostopadłych płaszczyznach polaryzacji. Dzięki istnieniu pewnej polaryzacji światła w spektrografie przez odbicia od powierzchni pryzmatów, natężenia tych dwóch widm różnią się w pewnym stosunku, tem większym, im większa jest polaryzacja własna spektrografu. Znając stosunek natężeń widm, mamy sposób fotometrycznego skalibrowania klisz, którego wielką zaletą w zastosowaniu do spektrografów szczelinowych jest to, że ośrodek rozdzielczy (kryształ i pryzmaty) znajduje się poza szparą. Stała fotometryczna, czyli różnica wielkości widm nadzwyczajnego i zwyczajnego, wynosi dla spektrografu o jednym pryzmacie $0^m.44$, dla spektrografu o trzech pryzmatach — $1^m.69$; w interesującym nas zakresie widma jest ona praktycznie niezależna od długości fali.

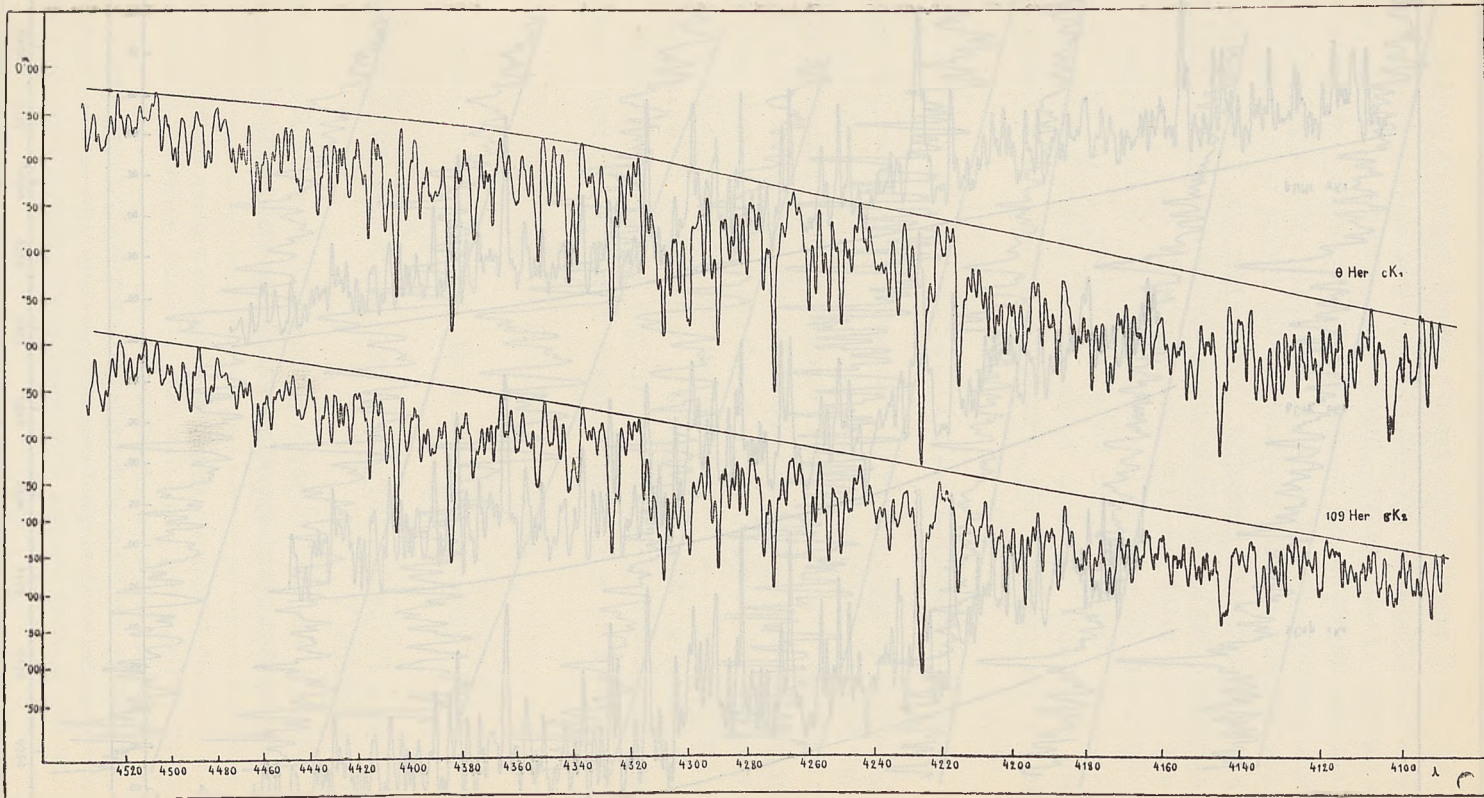
Zdjęcia widm, nieposzerzane, były rejestrowane na samozapisującym fotometrze fotoelektrycznym Koch-Goos'a w Obserwatorium sztokholmskim. Aby wyeliminować możliwe zmiany natężenia lampy, lub punktu zerowego elektrometru, rejestrowano na początku i na końcu każdego spektrogramu szereg stałych marek.

W celu wyprowadzenia krzywej zaczernień kliszy, mierzono skalą milimetrową na spektrogramach zdjęcia podwójnego wychylenia elektrometru dla szeregu odpowiadających sobie punktów w widmie zwyczajnem (s) i nadzwyczajnem (s'). Z wykresu (s, s') otrzymywano graficznie krzywą zaczernień (s, m). Z pomocą tej krzywej redukowano spektrogramy danej kliszy do skali wielkości gwiazdowych następującym sposobem.

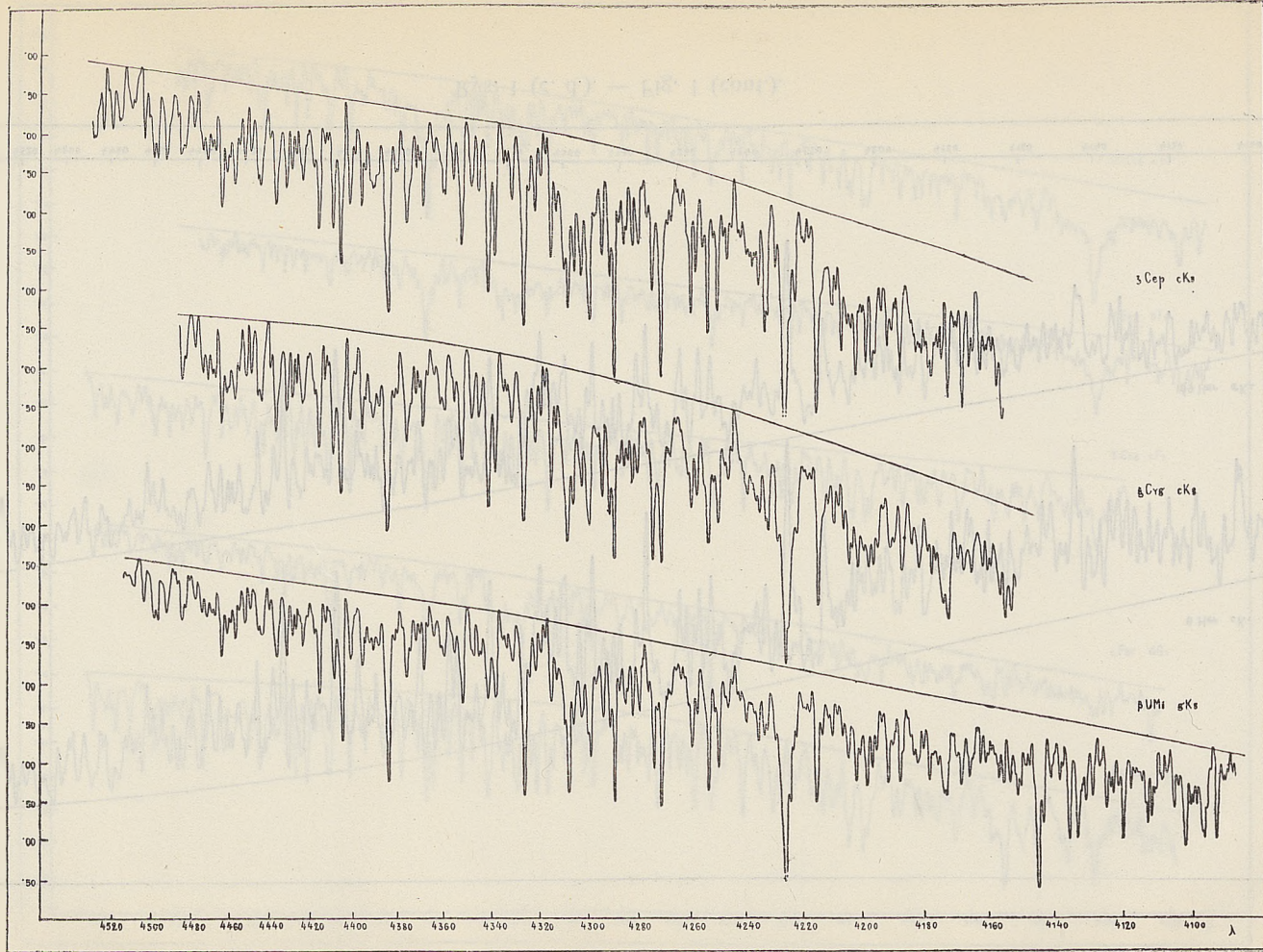
Na spektrogram kładziono przezroczysty papier milimetrowy z naznaczoną na nim skalą wielkości (np.: 5 mm— $0^m.1$) w ten sposób, by pewna linja wielkości m , np. $0^m.0$ nakrywała się z odpowiadającą jej według krzywej zaczernień linją wychyleń elektrometru s ; zaznaczano (nakłuwając igłą) na papierze wszystkie punkty spektrogramu, leżące na tej linii. Następnie przesuwano papier wpoprzek widma tyle, by następna linja wielkości, np. $0^m.1$, nakrywała się z odpowiadającą jej linją zaczernień na spektrogramie, i znowu zaznaczano leżące na niej punkty spektrogramu i t. d. Otrzymane na papierze punkty w odstępach dziesiątych części wielkości łączono linją ciągłą, otrzymując krzywą energii gwiazdy w skali wielkości. Wierzchołki spektrogramu, leżące pomiędzy kolejnymi dziesiątymi wielkości, interpolowano. Sposób ten daje bardzo wielką ekonomję czasu w porównaniu ze zwykłym sposobem odwzorowywania spektrogramów punkt za punktem wzdłuż widma, dokładność zaś jego jest w zupełności wystarczająca.



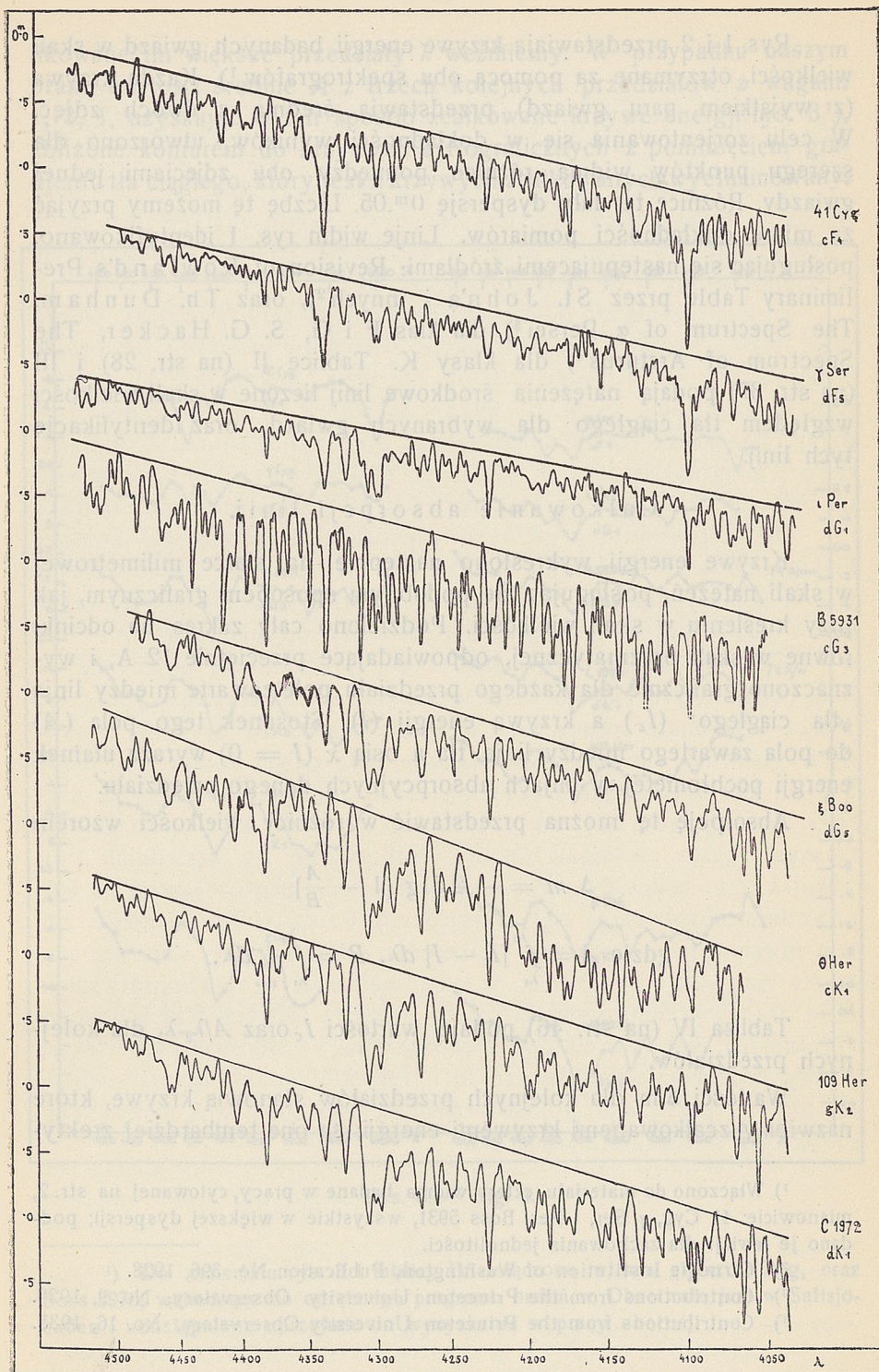
Rys. 1. — Fig. 1.



Rys. 1 (c. d.). — Fig. 1 (cont.).



Rys. 1 (c. d.). — Fig. 1 (cont.).



Rys. 2. — Fig. 2.

Rys. 1 i 2 przedstawiają krzywe energii badanych gwiazd w skali wielkości, otrzymane za pomocą obu spektrografów¹⁾. Każda krzywa (z wyjątkiem paru gwiazd) przedstawia średnią z dwóch zdjęć. W celu zorientowania się w dokładności wyników, utworzono dla szeregu punktów widma różnice pomiędzy obu zdjęciami jednej gwiazdy. Różnice te dały dyspersję $0^m.05$. Liczbę tę możemy przyjąć za miarę dokładności pomiarów. Linje widm rys. 1 identyfikowano, posługując się następującymi źródłami: Revision of Rowland's Preliminary Table przez St. John'a i innych²⁾, oraz Th. Dunham, The Spectrum of α Persei³⁾, S. G. Hacker, The Spectrum of Arcturus⁴⁾ dla klasy K. Tablice II (na str. 28) i III (na str. 37) podają natężenia środkowe linii liczone w skali wielkości względem tła ciągłego dla wybranych gwiazd, oraz identyfikacje tych linii.

Całkowanie absorpcji linii.

Krzywe energii wykreślono następnie na siatce milimetrowej w skali natężeń, posługując się podobnym sposobem graficznym, jak przy kreśleniu w skali wielkości. Podzielono cały zakres na odcinki równe w skali pryzmatycznej, odpowiadające przeciętnie 12 Å, i wyznaczono graficznie dla każdego przedziału pole zawarte między linią „tła ciągłego” (I_c) a krzywą energii (I). Stosunek tego pola (A) do pola zawartego między linią tła a osią x ($I = 0$) wyraża ułamek energii pochłoniętej w liniach absorpcyjnych danego przedziału.

Absorpcję tę można przedstawić w różnicy wielkości wzorem

$$\Delta m = - 2.51g \left[1 - \frac{A}{B} \right]$$

$$\text{gdzie } A = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} [I_c - I] d\lambda, \quad B = \int_{\lambda_1}^{\lambda_2} I_c d\lambda.$$

Tablica IV (na str. 46) podaje wartości I_c oraz $A/\lambda_2 - \lambda_1$ dla kolejnych przedziałów.

Wartości Δm dla kolejnych przedziałów stanowią krzywe, które nazwiemy zcałkowanymi krzywymi energii; są one tembardziej zrekty-

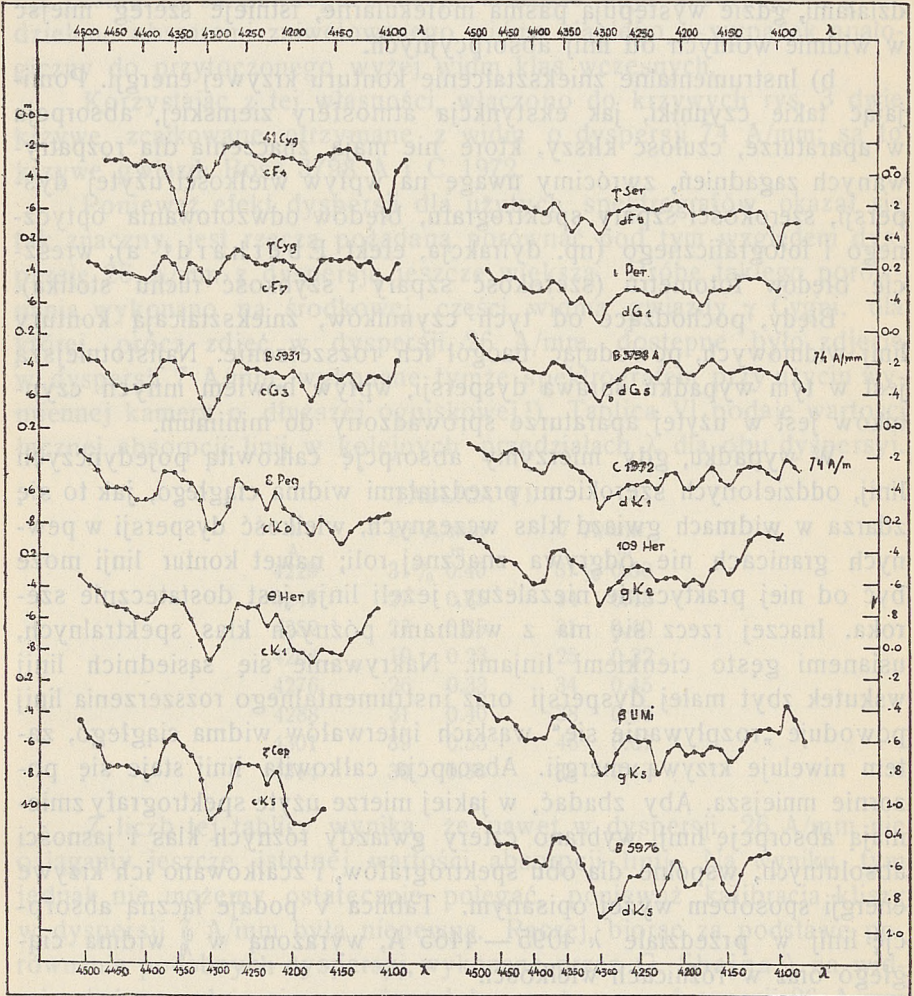
1) Włączono do materiału cztery widma badane w pracy, cytowanej na str. 2, mianowicie: 41 Cyg, γ Ser, ι Per, Boss 5931, wszystkie w większej dyspersji; podano je rewizji dla zachowania jednolitości.

2) Carnegie Institution of Washington, Publication No. 396, 1928.

3) Contributions from the Princeton University Observatory, No. 9, 1929.

4) Contributions from the Princeton University Observatory, No. 16, 1935.

fikowane, im większe przedziały λ weźmiemy. W przypadku naszym brano wartości średnie A z trzech kolejnych przedziałów z wagami 1, 3, 1, uzyskując w ten sposób zcałkowane krzywe energii rys. 3¹⁾, zbliżone konturem do krzywych astrograficznych z pominięciem gradientu tła ciągłego, który jest z krzywych zcałkowanych wyeliminowany.



Rys. 3. — Fig. 3.

¹⁾ Do materiału rys. 3 i tablicy IV dołączono widma gwiazd ϵ Peg, oraz Boss 5976, wchodzące do odrębnego programu badań w Obserwatorium w Saltsjöbaden i udostępnione uprzejmie do wyzyskania w pracy obecnej.

Widmo ciągłe.

Najpoważniejszym źródłem błędów systematycznych wszelkich prac z zakresu fotometrii widm późnych klas jest niepewność wyznaczania tła ciągłego. Niepewność tę wywołują następujące czynniki:

a) Rzeczywista niedostępność widma ciągłego z powodu nadmiernego zagęszczenia linii absorpcyjnych; założymy, że poza przedziałami, gdzie występują pasma molekularne, istnieje szereg miejsc w widmie wolnych od linii absorpcyjnych.

b) Instrumentalne zniekształcenie konturu krzywej energii. Pomijając takie czynniki, jak ekstynkcja atmosfery ziemskiej, absorpcja w aparaturze, czułość kliszy, które nie mają znaczenia dla rozpatrywanych zagadnień, zwrócimy uwagę na wpływ wielkości użytej dyspersji, szerokości szpary spektrografu, błędów odwzorowania optycznego i fotograficznego (np. dyfrakcja, efekt Eberhardt'a), wreszcie błędów fotometru (szerokość szpary i szybkość ruchu stolika).

Błędy, pochodzące od tych czynników, zniekształcają kontury linii widmowych, powodując naogół ich rozszerzenie. Najistotniejszą jest w tym wypadku sprawa dyspersji, wpływ bowiem innych czynników jest w użytej aparaturze sprowadzony do minimum.

W wypadku, gdy mierzymy absorpcję całkowitą pojedynczych linii, oddzielonych szerokimi przedziałami widma ciągłego, jak to się zdarza w widmach gwiazd klas wczesnych, wielkość dyspersji w pewnych granicach nie odgrywa znacznej roli; nawet kontur linii może być od niej praktycznie niezależny, jeżeli linia jest dostatecznie szeroka. Inaczej rzecz się ma z widmami późnych klas spektralnych, usianymi gęsto cienkimi liniami. Nakrywanie się sąsiednich linii wskutek zbyt małej dyspersji oraz instrumentalnego rozszerzenia linii powoduje „rozpływanie się“ wąskich interwałów widma ciągłego, zatem niweluje krzywą energii. Absorpcja całkowita linii staje się pozornie mniejsza. Aby zbadać, w jakiej mierze użyte spektrografy zmieniają absorpcję linii, wybrano cztery gwiazdy różnych klas i jasności absolutnych, wspólne dla obu spektrografów, i zcałkowano ich krzywe energii sposobem wyżej opisanym. Tablica V podaje łączną absorpcję linii w przedziale λ 4095 — 4465 Å, wyrażoną w % widma ciągłego oraz w różnicach wielkości.

TABLICA V.

	26 Å/mm	74 Å/mm
	$\frac{m}{m}$	$\frac{m}{m}$
41 Cyg cF4	26% 0.33	19% 0.23
γ Ser dF5	20 0.25	15 0.17
δ Her cK1	43 0.61	29 0.38
109 Her gK2	37 0.50	24 0.30

Widzimy, że spektrograf o jednym pryzmacie daje absorpcję linii znacznie mniejszą niż spektrograf o trzech pryzmatach. Różnica ta postępuje z klasą widmową, a także nieco z jasnością absolutną.

Jeżeli jednak chodzi o kontur zcałkowanych krzywych energii, to jest on w grubym przybliżeniu jednakowy w obu dyspersjach. Jest to zrozumiałe, jeżeli będziemy uważali depresje tego konturu, np. pasmo G, za pewnego rodzaju szerokie linie absorpcyjne, podzielone obszarami zniwelowanego widma ciągłego, — wypadek analogiczny do przytoczonego wyżej widm klas wczesnych.

Korzystając z tej własności, włączono do krzywych rys. 3 dwie krzywe zcałkowane, otrzymane z widm o dyspersji 74 A/mm; są to krzywe gwiazd: Boss 3798 A i C 1972.

Ponieważ efekt dyspersji dla użytych spektrografów okazał się tak znaczny, jest rzeczą pożądaną porównać pod tym względem dyspersję 26 A/mm z dyspersją jeszcze większą. Próbę takiego porównania wykonano na środkowej części widma gwiazdy γ Cygni, dla której, prócz zdjęć w dyspersji 26 A/mm, dostępne było zdjęcie w dyspersji 7 A/mm, wykonane tymże spektrografem przy użyciu wymiennej kamery o dłuższej ogniskowej¹⁾. Tablica VI podaje wartości łącznej absorpcji linii w kolejnych przedziałach λ dla obu dyspersyj.

TABLICA VI.

λ A	26 A/mm m	7 A/mm m
4229	31% 0.40	37% 0.50
4241	27 0.35	34 0.45
4252	27 0.35	31 0.40
4264	19 0.23	25 0.32
4276	26 0.33	34 0.45
4288	31 0.40	38 0.52
4301	39 0.53	46 0.67
4314	30 0.38	33 0.43

Z liczb tej tablicy wynika, że nawet w dyspersji 26 A/mm nie osiągamy jeszcze istotnej wartości absorpcji linii. Na wyniku tym jednak nie możemy ostatecznie polegać, ponieważ kalibracja kliszy w dyspersji 7 A/mm była niepewna. Raczej, biorąc za podstawę porównanie podobnych dyspersyj, wykonane przez G. Shajna²⁾ na widmie słońca, wydaje się prawdopodobnym, że przy dyspersji 26 A/mm jesteśmy blisko prawdziwej wartości absorpcji linii.

¹⁾ Rzecz prosta, w tem porównaniu mamy różne dyspersje linjowe przy tej samej dyspersji kątowej, podczas gdy w porównaniu poprzednim (3 pryzmaty — 1 pryzmat) mieliśmy różne dyspersje kątowe.

²⁾ G. Shajna, On the effect of the total line and band absorption in stellar spectra, Monthly Notices of the R. A. S., Vol. 94, p. 642, 1934.

Sprawa odtworzenia prawdziwego widma ciągłego jest ważną dla szeregu zagadnień, w szczególności dla poruszonej niżej ubocznie kwestji łącznej absorpcji linii; jeśli chodzi jednak o główne nasze zadanie, czyli o porównanie konturów zcałkowanych krzywych energii gwiazd różnych jasności absolutnych, to w tym wypadku istotną rzeczą jest przedewszystkiem ustalenie jednolitej metody kreślenia linii widma ciągłego dla wszystkich gwiazd.

Kreślono zatem linię możliwie uproszczoną (powiedzmy, stopnia nie wyższego niż drugi) przez najwyższe wierzchołki krzywej energii. Największą dowolność przedstawiała dziedzina pasm cjanu przy λ 4216 A dla nadolbrzymów i olbrzymów klasy K. Dla tej części widma przyjęto jako zasadę kreślenie linii prostej, łączącej wierzchołki w okolicy λ 4260 z wierzchołkami około λ 4100 A. Zasada ta jest usprawiedliwiona tem, że w widmach karłów, w których pasma cjanu prawie nie występują, wierzchołki krzywej energii w tej części widma leżą w przybliżeniu na prostej.

W widmach o dyspersji 74 A/mm sprawa jednoznacznego prowadzenia linii tła ciągłego jest znacznie łatwiejsza, chociaż, jak widzieliśmy, jesteśmy w tym wypadku daleko od prawdziwego tła; jedna linja prosta reprezentuje pozorne widmo ciągłe w całym rozpatrywanym zakresie długości fali.

III. Wyniki.

Kryteria jasności absolutnej.

Następujące znane cechy¹⁾ wyróżniają widma nadolbrzymów w dużej dyspersji z pośród olbrzymów i karłów (rys. 1 i 2):

1) wzmocnienie wszystkich linii absorpcyjnych, odpowiadające wielkiej rozległości ich atmosfer;

2) szczególne wzmocnienie linii wodoru i linii zjonizowanych metali odpowiednio do wyższego stopnia zjonizowania.

Oba efekty są wynikiem niskiej wartości natężenia grawitacji na powierzchni nadolbrzymów.

W widmach o dyspersji tak małej, że poszczególne linje nie występują, efekty te nie są bezpośrednio widoczne, wywierają jednak pewien wpływ na kształt krzywej energii. Efekt 1) sprawia, że cała krzywa energii nadolbrzymów jest bardziej oddalona od poziomu tła ciągłego (rys. 3), oraz względne różnice jej grzbietów i dolin są nieco większe niż w olbrzymach i karłach, co się daje istotnie zauważyć zarówno w krzywych astrograficznych w pracy, cytowanej na

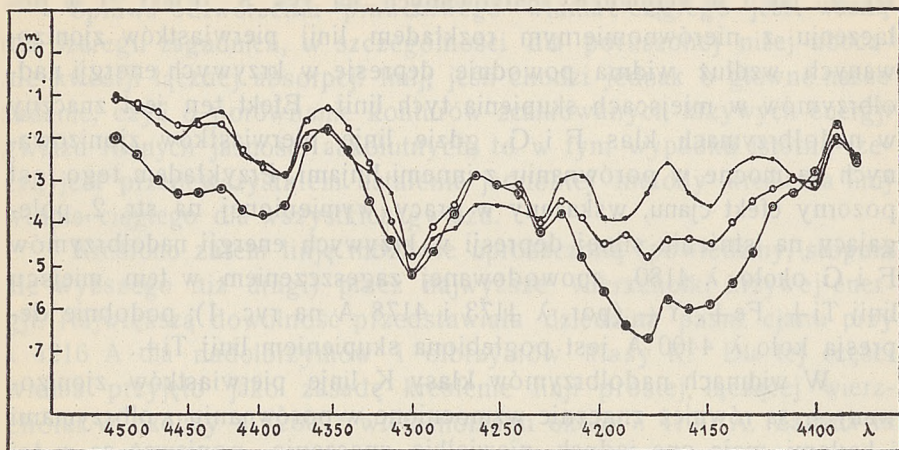
¹⁾ Patrz: C. Payne, Stars of high luminosity. Harvard Monograph, 3, 1930.

str. 2, jak i w krzywych zcałkowanych na rys. 3. Efekt 2) w połączeniu z nierównomiernym rozkładem linii pierwiastków zjonizowanych wzdłuż widma powoduje depresje w krzywych energii nadolbrzymów w miejscach skupienia tych linii. Efekt ten jest znaczny w nadolbrzymach klas F i G, gdzie linie pierwiastków zjonizowanych są mocne w porównaniu z innymi liniami. Przykładem tego jest pozorny efekt cjanu, wskazany w pracy wymienionej na str. 2, polegający na istnieniu silnej depresji w krzywych energii nadolbrzymów F i G około λ 4180, spowodowanej zagęszczeniem w tym miejscu linii Ti+, Fe+, Y+ (por. λ 4173 i 4178 A na ryc. 1); podobnie depresja koło λ 4400 A jest pogłębiona skupieniem linii Ti+.

W widmach nadolbrzymów klasy K linie pierwiastków zjonizowanych są również znacznie wzmocnione w porównaniu z olbrzymami i karłami, mają one jednak niewielkie znaczenie, ponieważ są w tej klasie widmowej słabe w stosunku do linii pierwiastków neutralnych.

Natomiast *najsilniejszy efekt jasności absolutnej w widmach klasy K wykazuje rzeczywiste pasmo cjanu przy λ 4216 A*, które w rozpatrywanych nadolbrzymach dochodzi do niezwykłego natężenia, obcinając gwałtownie jedno skrzydło linii Sr+, 4216 A, zlewającej się z pierwszą krawędzią pasma (rys. 1 i 2). Następne krawędzie przy λ 4197, 4181, 4168, 4157 A są również widoczne, chociaż się nakrywają z liniami atomowymi. W ten sposób stwierdzamy, że ustalony przez Lindblada związek natężenia pasm cjanu z jasnością absolutną w dziedzinie olbrzymów i karłów obejmuje także (wbrew przypuszczeniu tegoż autora) dziedzinę nadolbrzymów, wykazując w tej dziedzinie nie mniejszą czułość. Efekt pasm cjanu zaznacza się wyraźnie w widmach o małej dyspersji, jak wynika z porównania zcałkowanych krzywych energii gwiazd K o różnej jasności absolutnej na rys. 3, lub wyraźniej na rys. 4, gdzie zcałkowane krzywe energii nadolbrzyma, olbrzyma i karła tej samej klasy są nakreślone obok siebie; te trzy gwiazdy stanowią szczególnie jednolitą grupę, ponieważ zostały sfotografowane na tej samej kliszy w tej samej dyspersji 74 A/mm.

Prócz efektu pasm cjanu, inny efekt jasności absolutnej uwydatnia się w krzywych (rys. 3 i 4): maximum przy λ 4260 A jest w porównaniu z innymi wierzchołkami (np. λ 4360 A) wysokie i ostre w nadolbrzymach, mniej w olbrzymach, zaś płaskie i niskie w karłach. Efekt ten, sygnalizowany w pracy wymienionej na str. 2, występuje poprzez cały ciąg klas F, G i K. Możliwe, że w klasie K jest on związany z depresją w sąsiedztwie linii Ca λ 4227 A, zaobserwowanej przez Lindblada w widmach karłów klasy M, a przy-



Rys. 4. — Fig. 4.

—○— θ Her cK1; —□— 109 Her gK2; —●— C 1972 dK1.

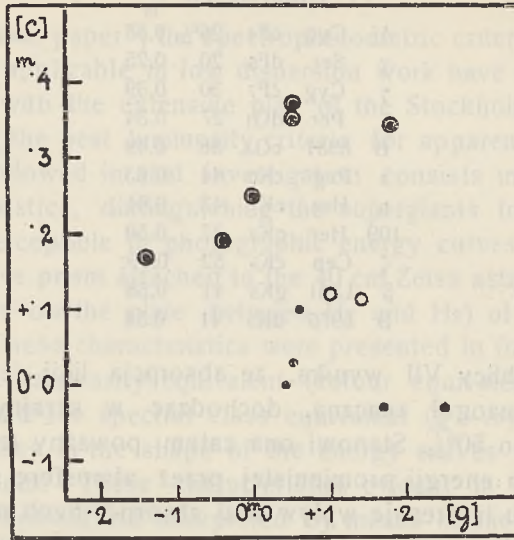
pisanej ostatnio przez tegoż autora hipotetycznie absorpcji quasi-cząsteczki Ca. Obecność tej depresji w karłach klas F i G pozostaje jednak niewyjaśniona. Jest rzeczą możliwą, że powoduje ją przypadkowy zbieg linii najmniej wzmocnionych w nadolbrzymach (linje Cr λ 4254 i 4275 A naprzykład wykazują nawet ujemny efekt jasności absolutnej).

Chociaż materiał obecny nadaje się raczej do traktowania indywidualnego niż statystycznego, ujęto opisane ostatnio efekty jasności absolutnej w postaci diagramu analogicznego do tych, jakie są stosowane w Obserwatorium w Saltsjöbaden w celu oddzielenia poszczególnych grup jasności absolutnej. Odkładając na osi odciętych różnicę w wielkościach między wierzchołkami λ 4260 i 4360 A zcałkowanych krzywych energii, na osi rzędnych — różnicę w wielkościach między λ 4180 (dziedzina cjanu) i λ 4260 A, otrzymujemy (rys. 5) bardzo dobry rozdział nadolbrzymów od olbrzymów i karłów.

Reasumując wyniki pracy obecnej i poprzedniej, ustalamy następujące kryteria, wyróżniające nadolbrzymy klas F, G i K w małej dyspersji:

1. znany efekt barwy — gradient krzywej energii jest większy dla gwiazd absolutnie jaśniejszych;

2. efekt cjanu pozorny dla nadolbrzymów F i wcześniejszych G, rzeczywisty dla nadolbrzymów klasy K (prawdopodobnie i późniejszych poddziałów klasy G);



Rys 5. — Fig. 5.

Nadolbrzymy ○ Supergiants.
 Olbrzymy ○ Giants.
 Karły ● Dwarfs.

3. szereg drobnych różnic w kształcie krzywej energii: głębsza depresja koło λ 4400 (skupienie linii $Ti+$), ostre i wysokie maximum przy λ 4260 Å u nadolbrzymów.

Pozatem dla nadolbrzymów klasy F ustalono wspólnie z Dr. Öhmanem kryterjum absorpcji ciągłej wodoru w nadfiolecie¹⁾.

Absorpcja łączna linii.

Sumując wartości A ze wszystkich przedziałów λ (tabl. IV), otrzymujemy wartość łącznej absorpcji linii w zakresie λ 4095—4465 Å. Wartości te w procentach widma ciągłego oraz w różnicach wielkości są podane w tablicy VII. Wykazują one, jak należało przewidywać, obok regularnego wzrostu z klasą widmową, również związek z jasnością absolutną: w nadolbrzymach są większe przeszło o $0^m.1$ niż w olbrzymach i karłach; te ostatnie zaś grupy nie wykazują różnic między sobą.

¹⁾ Patrz przyp. na str. 2.

TABLICA VII.

				^m
41	Cyg	cF ₄	26%	0.33
γ	Ser	dF ₅	20	0.25
γ	Cyg	cF ₇	30	0.39
ε	Per	dG ₁	27	0.34
B	5931	cG ₃	36	0.49
ε	Peg	cK ₀	44	0.63
η	Her	cK ₁	43	0.61
109	Her	gK ₂	37	0.50
ζ	Cep	cK ₅	52:	0.79:
β	UMi	gK ₅	41	0.58
B	5976	dK ₅	41	0.58

Z liczb tablicy VII wynika, że absorpcja linii jest w tej dziedzinie widma naogół znaczna, dochodząc w skrajnym przypadku gwiazdy cK₅ do 50%. Stanowi ona zatem poważny czynnik w procesie przepływu energii promienistej przez atmosferę gwiazdy. Nas w tym wypadku interesuje wpływ linii absorpcyjnych na kontur krzywych energii, otrzymywanych w bardzo małej dyspersji. Kontur ten jest zniwelowaną krzywą energii, oddaloną znacznie od poziomu widma ciągłego, w przeciwieństwie do klas wczesnych, gdzie można mówić o linii widma ciągłego nawet przy małej dyspersji.

G. Shajⁿ 1) badał łączną absorpcję linii w widmach olbrzymów i karłów różnych klas spektralnych. Wyniki jego dla fotograficznej części widma są systematycznie mniejsze od liczb tablicy VII. Różnice wynoszą przeciętnie 0^m1 i wzrastają z klasą widmową. Narzucającem się wytłumaczeniem tej niezgodności byłby wpływ dyspersji, ponieważ Shajⁿ użył dyspersji nieco mniejszej (36 A/mm). Jednak z takim wytłumaczeniem stoi w sprzeczności inny wynik Shajⁿa: porównyując łączną absorpcję linii słońca w dyspersjach 36 i 7 A/mm, nie znalazł on żadnej różnicy. Inną możliwą przyczyną jest systematyczna różnica w sposobie kreślenia widma ciągłego, jednak znów jest mało prawdopodobne, by zwłaszcza w dyspersji 7 A/mm można było tak znacznie obniżyć linję tła ciągłego.

Materiał obserwacyjny do tej pracy zebrałam w Obserwatorium sztokholmskim. Zawdzięczam Profesorowi Lindbladowi, Dyrektorowi Obserwatorium, łaskawe użyczenie mi narzędzi, jak również korzystanie z Jego cennych rad i wskazówek.

1) Patrz przyp. na str. 13.

S u m m a r y.

In a previous paper ¹⁾ the spectrophotometric criteria of the F and G supergiants applicable in low dispersion work have been discussed in connection with the extensive plan of the Stockholm Observatory of establishing the best luminosity criteria for apparently faint stars. The method followed in that investigation consists in searching for some characteristics, distinguishing the supergiants from the giants and dwarfs, perceptible in photographic energy curves obtained with the 4^o.8 objective prism attached to the 40 cm Zeiss astrograph (dispersion of 1.7 mm on the plate between H γ and H ϵ) of the Stockholm Observatory. These characteristics were presented in form of relations between some luminosity equivalent (colour equivalent k ; cyanogen equivalent c) and the spectral class equivalent ($g-H\gamma$). Besides this some peculiarities in the shape of the energy curves of supergiants were pointed out. These characteristics evident in low dispersion spectra were verified and interpreted by means of the slit spectra of large dispersion obtained with the Zeiss spectrographs attached to the 102 cm Grubb reflector of the Stockholm Observatory.

The aim of the present work is to extend the above investigations to the supergiants of the spectral class K, which were very few in number in the astrographic material formerly investigated. The way may be called opposite to that followed previously. Using the slit spectra of large dispersion the criteria for small dispersion may be deduced. This is attained by integrating the energy absorbed in spectral lines for successive intervals of λ in the slit spectrum. These „integrated“ spectra imitate very well the low dispersion astrographic energy curves and surpass them in two respects: they allow a direct interpretation of the observed effects, and they are less subject to accidental errors.

As a by-product of this procedure the total absorption of spectral lines over the photographic spectrum is obtained for stars of different luminosities and spectral classes.

The material. The spectra presently investigated have been photographed by the writer at Saltsjöbaden in 1934–1935 with two spectrographs attached to the 102 cm reflector: the three-prism spectrograph giving the dispersion 26 Å/mm at H γ and the one-prism spectrograph with the dispersion 74 Å/mm²⁾. Table I gives the plate,

¹⁾ Stockholms Observatoriums Annaler, Bd. 12, No. 5, 1936, Subsequently quoted as paper I.

²⁾ According to a kind communication of Prof. Lindblad, the values 26 Å/mm and 74 Å/mm are correct values of the dispersion of the spectrographs used; they shall replace the figures 18 and 54 Å/mm previously quoted in some publications.

the Boss number of the star, its spectrum and absolute magnitude according to Mount Wilson Contribution No. 511.

It contains in addition four stars of classes F, G discussed in paper I.

TABLE I.

26 A/mm							74 A/mm								
SS	214	Boss	5255	41	Cyg	cF4	M.	SS	207	Boss	5255	41	Cyg	cF4	M.
"	"	"	4055	γ	Ser	F5	3.3	"	206	"	4055	γ	Ser	F5	3.3
"	220	"	5229	γ	Cyg	cF7	-2.1	"	223	"	3798A	ξ	Boo	G5	5.3
"	117	"	710	ι	Per	G1	3.9	"	"	"	4535	θ	Her	cK1	-1.3
"	"	"	5931	—	—	cG3	-3.2	"	"	"	4656	109	Her	K2	0.7
"	219	"	4535	θ	Her	cK1	-1.3	"	"	C	1972	—	—	K1	5.5
"	220	"	4656	109	Her	K2	0.7								
"	102	"	5714	ζ	Cep	cK5	-2.3								
"	"	"	5431	ξ	Cyg	cK5	-2.0								
"	219	"	3809	β	UMi	K5	-0.5								

As a rule a supergiant with a giant or a dwarf as comparison star were taken on the same plate, each star being photographed twice with different exposure time. For photometric calibration the method invented by Y. Öhman¹⁾ was applied: an exposure of a star with an iceland spar crystal placed just behind the slit of the spectrograph was made on every plate, thus giving a double spectrum with known intensity ratio. The plates have been registered with the Koch-Goos microphotometer of the Stockholm Observatory.

The registrograms were converted into magnitude scale as well as in scale of intensities by the procedure described in paper I. Figs. 1 and 2 represent the slit spectra (mean of two exposures) in magnitude scale taken with the two spectrographs. Tables II (pg. 28) and III (pg. 37) contain the identification and residual magnitudes relative to the „continuous background“ of the blends for representative spectra of classes F, G and K of larger dispersion.

The identification was made with the aid of the Revision of Rowland's Preliminary Table by St. John and collaborators and The Spectrum of Alpha Persei by Th. Dunham²⁾ for F and G stars, and The Spectrum of Arcturus by S. G. Hacker³⁾ for K stars.

The spectra were drawn in scale of intensities and the area contained between the continuous background line and the spectrum

1) Y. Öhman. Photometrische Eichung von Spektrogrammen unter Benutzung der Polarisation im Spektrographen. Stockholms Observatoriums Annaler, Bd. 12, No. 6, 1936.

2) Contributions from the Princeton University Observatory, No. 9, 1929.

3) Contributions from the Princeton University Observatory, No. 16, 1935.

contour was obtained graphically for equal intervals in the prismatic scale corresponding to about 12 Å of wavelength. The ratio of this area to that of the continuous background gives the percentage of energy absorbed by spectral lines if the spectrum contour and the continuous background are true contours. Table IV (p. 46) gives for successive intervals the intensity of the continuous background and the energy absorbed in lines divided by the wavelength interval. In the present investigation the mean energies for three consecutive intervals with the weights 1, 3, 1 were taken for every point. This procedure smoothes out the „integrated curves“ making them very similar to the astrographic energy curves of paper I, but for the colour gradient eliminated here.

Thus calculated percentage energies were converted in magnitude differences and drawn in fig 3. Besides the stars listed in table I there are two stars: Boss 5584 (ϵ Peg, cK0, -2^m3) and Boss 5976 (dK5, 6^m6) entering into a special research program of Stockholm Observatory and made accessible to the writer by courtesy of Prof. Lindblad.

The continuous background. The most serious uncertainty accompanying every spectrophotometric investigation of late type stars concerns the line of the continuous background. It is caused by:

- 1) The real inaccessibility of the continuous background due to closely crowded lines; we shall assume here that in the considered range of spectrum there is a number of intervals free of any lines.
- 2) The instrumental deformation of the energy curve.

It is evident that the dispersion of the spectrograph, the width of the slit and the quality of reproduction (optical and photographic errors) affect the observed contour of the energy curve: small dispersion, too wide slit and imperfect reproduction make the lines diffuse. This is not very troublesome in the measurement of the total absorption of single lines separated by wide intervals of undisturbed background as happens sometimes in early class spectra. In this case even the line profile may be little affected if the line is broad enough. But in the case of late spectral classes with closely crowding sharp lines the instrumental wings of the lines touch one another lowering the tops of the background; the energy curve is smoothed, and the measured total absorption of lines diminished by the lowered continuous background.

In order to estimate the effect of the dispersion of the present instrumental equipment four spectra of stars: 41 Cyg, γ Ser, θ Her, 109 Her of different spectral classes and luminosities, taken with

both spectrographs, were compared. The integrated line absorption over the spectral range 4095—4465 Å (table V) is considerably lower for smaller dispersion, the difference progressing with the advancing spectral class and slightly with increasing luminosity.

TABLE V.

	26 Å/mm	74 Å/mm
41 Cyg cF4	26% ^m 0.33	19% ^m 0.23
γ Ser dF5	20 0.25	15 0.17
θ Her cK1	43 0.61	29 0.38
109 Her gK2	37 0.50	24 0.30

Yet the shapes of the integrated energy curves are roughly similar in both dispersions; this is easily understood by considering the depressions of the integrated curves (e. g. the G-band) as similar to the broad lines separated by the intervals of some kind of diluted continuous background — a case analogous to that of the early class spectra mentioned above. Taking this into consideration two energy curves deduced from one-prism spectra (Boss 3798 A and C 1972) are included without any reduction in fig. 3.

The effect of dispersion between one-prism and three-prism spectra being so large it seemed desirable to compare them with spectra of still larger dispersion. This is attempted by comparing the central part of the spectra of γ Cygni taken with the dispersions 26 Å/mm and 7 Å/mm obtained by attaching a long focus camera to the three-prism spectrograph¹⁾. Table VI gives the energy absorbed in lines for successive intervals of about 12 Å converted in magnitude differences. It seems that there remains still a difference

TABLE VI.

λ Å	26 Å/mm	7 Å/mm
4229	31% ^m 0.40	37% ^m 0.50
4241	27 0.35	34 0.45
4252	27 0.35	31 0.40
4264	19 0.23	25 0.32
4276	26 0.33	34 0.45
4288	31 0.40	38 0.52
4301	39 0.53	46 0.67
4314	30 0.38	33 0.43

in total absorption amounting to about 0^m.10 and proving that with the 26 Å/mm dispersion the true continuous background is not yet reached in late type stars. This result is however not quite

¹⁾ Of course, this increases only the linear dispersion leaving the angular dispersion unchanged.

reliable as the photometric calibration of the plate of greatest dispersion is a little uncertain. Considering the result of similar comparison made by G. Shajn¹⁾ in his investigation of the energy absorbed in lines it seems that with the dispersion of 26 Å/mm we are not far away from the true value of total line absorption even for late class stars.

The reproduction of the true continuous background is indispensable in many problems as *e. g.* the total amount of energy absorbed in lines, which is discussed on the following pages; but for the problem of comparison of the integrated energy curves of stars of different luminosity a definite homogeneous manner of drawing the background line is essential. Hence a simplest possible curve (say a straight line or a parabola) joining the highest tops of each energy curve was drawn. The blue part of the spectrum (4500—4300 Å) presents no difficulties as the tops are sufficiently close, but the violet part (4300—4100 Å), especially the cyanogen band region in supergiants and giants of K class leaves room for arbitrariness. For the sake of homogeneity it was therefore decided to draw a straight line joining the tops in the neighbourhood of λ 4260 Å with those in the neighbourhood of λ 4100 Å. This is justified by the fact that the straight line represents closely the energy distribution in the same region of the dwarf spectra, where the cyanogen band is almost absent.

For the one-prism spectra a single straight line suits the entire spectrum investigated; the line of the „continuous background“ is in this case much better determined, though, as seen above, it is here far from being the true continuous background.

Luminosity effects. Comparing the energy curves of K supergiants with those of less luminous stars in figs. 1 or 2, we conclude that the most striking difference is exhibited by the cyanogen band at λ 4216 Å. It is extremely strong in the spectra of cK stars, lowering one of the wings of the Sr + line at λ 4216 which coincides with the first head of the band; the following heads at λ 4197, 4181, 4168, 4158 Å are clearly visible though blended by atomic lines. The band is weaker in the giants (109 Her and β UMi) and imperceptible in the dwarfs. The luminosity effect of cyanogen is well marked in the integrated energy curves (fig. 3) by a wide depression very deep in supergiants of class K.

¹⁾ G. Shajn, On the effect of the total line and band absorption in stellar spectra, Monthly Notices of the R. A. S., Vol 94, p. 642, 1934.

We conclude that so far as our material is representative the cyanogen luminosity criterion established by B. Lindblad¹⁾ for giants and dwarfs holds also for supergiants of class K (and probably also for later subdivisions of class G) and is not less powerful here than for ordinary giants and dwarfs.

Remembering (see paper I) that for the supergiants of earlier classes, F and G, there is an apparent cyanogen luminosity effect caused by the accidental accumulation of enhanced lines in the region 4170—4180 Å (the blends at 4173 and 4178 Å) we see that Lindblad's quantity c denoting the difference in magnitude between the region at 4180 Å and the maximum at 4260 Å in the astrographic energy curves is effective in distinguishing supergiants from less luminous stars in all spectral classes in question, *i. e.* F, G and K; it corresponds to a real CN-molecule absorption in later classes and to a chance occurrence of enhanced lines in earlier ones.

Another effect is evident from the energy curves especially in their integrated form (fig. 3). The maximum at λ 4260 Å, when compared with other tops of the curves (*e. g.*, that at λ 4360 Å), is high and sharp in supergiants, less prominent in giants and flat and low in dwarfs. This effect is present in all spectral classes considered and has been pointed out in paper I. In class K it is perhaps connected with the depression in late K and M dwarf spectra noted early by B. Lindblad²⁾ and ascribed recently by him tentatively to Ca₂ quasi-molecule absorption. For F and G stars this effect (not very strong there) remains unexplained. It seems very likely that it is caused by the occurrence of lines with small or no luminosity effect (*e. g.* Fe and Cr. lines of this region).

For better illustration of the named luminosity effects three integrated spectra of class K and different luminosity are put together in fig. 4. They form a very homogeneous group being taken on the same plate with the one-prism spectrograph.

Although the present material is destined rather for the individual than for statistical treatment, it is tempting to put it in the form of a diagram of the kind used in astrographic work at Saltsjöbaden. Taking for the abscissa the difference in magnitude between the tops of the integrated curves adjacent to the G band at 4260 Å [g] and

¹⁾ See *e. g.* B. Lindblad and E. Stenquist, On the spectrophotometric criteria of stellar luminosity. Stockholms Observatoriums Annaler, Bd. 11, No. 12, 1934.

²⁾ B. Lindblad, The absorption continuum at the resonance line of Ca, λ 4227, in dwarf stars. Stockholms Observatoriums Annaler, Bd. 12, No. 2, 1935.

for the ordinate the difference between λ 4180 and 4260 A¹⁾ [*c*] a good separation of supergiants from less luminous stars can be obtained (fig. 5).

The energy lost in spectral lines. The results of integration of the line absorption were made use of for the calculation of the total amount of energy absorbed by spectral lines over the photographic range of wavelength in stars of different luminosity. It is given below (table VII) in percentage of the continuous background energy as well as in magnitude differences.

TABLE VII.

				^m
41	Cyg	cF4	26%	0.33
γ	Ser	dF5	20	0.25
γ	Cyg	cF7	30	0.39
ι	Per	dG1	27	0.34
B	5931	cG3	36	0.49
ϵ	Peg	cK0	44	0.63
η	Her	cK1	43	0.61
109	Her	gK2	37	0.50
ζ	Cep	cK5	52:	0.79:
β	UMi	gK5	41	0.58
B	5976	dK5	41	0.58

In agreement with the known fact (see figs. 1 and 2 and tables II and III), that almost all lines are strenghtened in supergiants, the integrated line absorption is stronger by about 0^m.1 in supergiants than in giants and dwarfs. The giants and dwarfs seem to have equal line absorption.

The integrated line absorption found here is rather large²⁾, amounting to 50 percent of the continuous background in the extreme case of the K₅ supergiant. This shows the great importance of the effect of line absorption in many astrophysical problems as *e. g.* the „blanketing effect“ in the theory of stellar atmospheres.

The distribution of the absorption lines is therefore decisive for the shape of the energy curves of stars in low dispersion; the luminosity effects produced by crowding enhanced lines in F and G supergiants, noted in paper I, illustrate well this fact³⁾.

1) These quantities are analogous to the equivalents *g* and *c* used by B. Lindblad in astrographic energy curves after elimination of the colour effect.

2) Of course, the photographic part of spectrum is especially rich in lines.

3) For K class the lines of ionized metals show also a stronger luminosity effect than those of neutral elements, but they are generally weaker and therefore of less importance.

G. Shajn¹⁾ has investigated the problem of integrated line absorption for a sequence of giants and dwarfs of different spectral classes. His values for photographic region are systematically smaller than the corresponding figures of table VII.

For the simplest explanation of this discrepancy, or at least of a part of it, the effect of dispersion might be suggested (Shajn used the dispersion 36A/mm at H γ), but this is in contradiction with another result obtained by him: comparing the line absorption for two sun spectra obtained with 36 A/mm and 7 A/mm he found no difference.

Another possible explanation may be looked upon in a systematic difference in the manner of drawing the continuous background, but it is very improbable that it could account for differences exceeding 0^m.1.

It is my pleasant duty to express my sincerest thanks to Professor Lindblad for the suggestion of the problem and for the privilege of using the instruments of the Stockholm Observatory.

¹⁾ Loc. cit.

TABLICA II. — TABLE II.

λ	γ Ser dF5	41 Cyg cF4	t Per dG1	Boss 5931 cG3	Pierwiastek — Element	Natężenie — Intensity	
						Słońce — Sun	α Per
Å	m	m					
4074	0.63	0.43			Fe — Ce +, Fe	4, 3	
4077	.77	.85			Fe, Fe, Fe, Cr +, La + — Y	2, 4, 2, 1, 1 Nd?	
4078	.73	.85			Cr +, Sr +, Dy +, Fe, Ti	0 N, 8, 0, 4, 3	
4079	.62	.47		^m 0.70	⊙, Mn — Fe, Mn, Fe, Cr — Fe — Nd +	2, 3, 3, 3, 3	
4083	.53	.53		.74	Fe, Ti — Sc — Fe, Mn — V	2, 3, 4	
4084	.63		.58		Fe, Mn, Y — Fe	2, 4, 1	
4085	.46	.48		.73	Fe, Fe — Cr, Ce + —, Fe	5, 4, 1, 4	
4087	.25	.35	^m 0.35	.78	Co, La +, Fe, Fe +	3d, 1, 3, —1	
4089	.20	.37	.29	.48	Fe, Fe	3, 3	
4091	.29	.48	—	.55	Zr +, V, Ce + — Fe, Fe	0, 1, 3, 3	
4092	.63	.42	.27	.35	Fe, Co — Mn — V, Fe, Ca — V	2, 3, 1, 3 d	
4096	.35	.44	.27	.45	Fe, Fe, Fe	3, 2, 1	
4098	.60	.73	.56	.59	Cr, Cr — Fe, Ca, ⊙	0, 5, 4, 2	
4100	.58	.68	.68	.71	La +, V, Fe, Fe	—2, 2, 0, 2	
4101	.97	1.22	.58	.76	Fe, Fe, ⊙, ⊙, Fe	0, 4, 0, 0, 2	
4102	1.23	1.70	—	1.43	Fe, H _δ , V, Y, Si — Mn, — Dy +	3, 40, 0, 0, 5, 0	
4104	0.64	0.82	.51	0.85	Fe	5	
4107	.47	.70	.29	.33	Fe, Fe, Fe	2, 2, 5	
4109	.48	.64	.47	.47	— Ca?, ⊙, Fe	2, 0, 3	
4110	.42	.64	.42	.99	Nd +, Cr, V, Fe, Co	1, 0, 2, 3, 4	
4112	.42	.74	.44	.85	V, Fe	4, 2	
4113	.42	.54				Fe, — Mn	3, 1
4115	.23	.35	.44	.43	Fe, — Fe, V	4, 2, 3	

4119	.23	.72	.33	.99	Fe, Co, Fe	5, 4, 2	
4120	.37		.39		Fe, Ce +, Ce +, Fe	0, 0, 0, 4	
4121	—	.64	.29		Co, Fe — Cr	6 d?, 3	
4123	.35	.53	.43	1.05	Fe, Fe +, La +, Cr, V, Fe	3, 1, 1, 0, 1, 5	
4125	.40		.35		Ce +, Y +, Fe, ⊙, Fe, Cr	0, 0, 3, 1, 4, 2	
4128	.41	.43	.54	1.71	Fe, Fe, V	4, 4, 6 d	
4129	.33	.70			Fe +, Cr — Fe, ⊙, Eu +, Fe	2, 3, 2, 1, 2	
4131	.29	.60	.18	0.97	Gd +, Ba +, Ce +, Ce + — Mn	0, 2, —2, 1	
4133	.45	.35	.61	1.01	Fe, Ti, ⊙, ⊙, Fe	1, 0, 0, 1, 4	
4134	.46	.64	.57	0.63	Fe, Fe, Fe — V, ⊙, Fe	3, 3, 3, 1, 5	
4137	.47	.40	.33	.66	Fe, Fe, Mn — Ti, ⊙, Ce +	4, 6, 0 Nd, 2, 1	
4142	.36	.30	.44	.58	La +, Fe, Cr, Ni, Ti, ⊙	0, 4, 2, 2, 2, 2	
4144	.66	.81	.84	1.14	Fe, Fe, Fe	4, 2, 15	
4146	.42	.29	.42	0.50	⊙, Fe, ⊙	0, 3, 0	
4148	.50	.23	.48	.44	Fe	4	4
4149	.55	.53	.53	.88	Zr + — CN, Fe Ce +, V +, Fe	2, 4 —1, —1, 4	7 3 Wd?
4152	.47	.49	.51	.76	Ti — Zr + La + — Fe — Ce +, ⊙, Fe — Sa + CN	1 2, 1, 3 —1	4 7 —
4154	.60	.53	.61	.81	Cr, Fe, Fe Fe Fe	1, 4, 2 4 4	6 W 6 3
4156	.48	.61	.64	.84	Nd +, Zr +, ⊙ Fe, Fe	—, 1, 3 1, 3d?	7 7
4158	.28		.54		Fe, CN	5, —1	6
4159	.49	.27	—	.36	Fe, Ce +, ⊙ +	5, —1, 5	4 W
4161	.55	.67	.39	.86	Fe, Zr + — Fe — Ti + —, Sr +	2, 2 4, 1	8 7
4164	.35	.43	.34	.89	Cr — Ti + — Fe	4	7
4166	.29	.25	.40	.37	CN — Fe, Ce +	3d, 2	3

λ	γ Ser d F 5	41 Cyg c F 4	ι Per d G 1	Boss 5931 c G 3	Pierwiastek — Element	Natężenie — Intensity	
						Słońce — Sun	α Per
Å	m	m	m	m			
4167	0.49	0.49	0.69	0.48	Mg, CN	8, 1 N	6 N
4171	.46	—	.37	—	Co — Fe, Ti — \odot	4, 4	7
4172	.50	.87	.72	1.32	Cr — Fe, Fe — Ti +, Cr + — Ga, Fe	2, 2, 1, 2	10
4173	.53	.94	—	1.50	Cr +, Fe, Fe — Cr + Fe, Fe +, Ti + Fe, Ti +, \odot +, Fe	—, 1, 2, 4 2, 3, 3 3, 0, —, 0	4 10 5 W
4176	—	—	.69	—	Cr, Fe Fe Fe	0, 4 5 5	4 6 5
4178	.36	.75	.47	1.52	Nd +, Y +, Fe	0, 3, 3	14 W
4179	.33	.66			Fe V + — CN Fe + Co — Cr, Cr + — Pr + — V, Nd +, CN	2 0 3 0, 3 d, —, 1, 2 N	— 2 7 5 n
4182	.63	.67	.60	0.64	Sa + \odot , Fe, \odot	— 1, 5, 2	2 7
4184	.51	.43	.44	.93	V +, Fe \odot +, Ti + Fe — Cr	2N, 1N 4, 2 4	4 7 W 4
4187	.49	.66	.54	1.07	Ti, Ce +, Dy Fe Fe, Fe \odot +, \odot	1, 2 N, — 3 6 2, 3 5, 1	3 7 9 4
4191	.33	.50	.56	0.76	Ti +, V + Fe, Fe	0, — 1 6, 3	3 7
4196	.55	.47	.49	.57	Fe, Ni, Co, Fe Fe, Fe, Ce +, Fe — La +, Fe, CN	5, 1, —, 2 2, 4, —, 1, 2, 1, 2	6 N 4 W
4198	.67	1.01	.72	.97	Fe, Fe, Fe V — Fe, Ce + Fe, Y +	2, 4, 4 3, — 2 5, — 1	10 2 8

4202	.49	0.76	.65	.97	Fe, Fe V +, Fe Ce +, Sa +	1, 8 0 Nd?, 2 0 N, —	12 2 2
4205	.20	.64	.37	1.19	Fe, Fe — La +, V + Y +, CH, Eu +, V + Mn +, Fe	3, 4, 0 0, 1, 2, 1, 1 —, 2	6 11 W 4
4207	.29				.42	Sa +, Ca +, Mn + \odot , Fe, Pr + Fe, Cr +, \odot	— 2 N, —, — 1 1, 3, — 3, —, 1 N
4209	.33	.54	.32	0.91	Fe Zr +	3 1	4 4
4210	.35	.45	.46		Sa + — Fe, Zr +, CH	4, — 1, 3 N	7
4212	.21	.26	.17	.47	Ti — Mn, Zr +	0, 2	5
4216	.55	.90	.61	1.33	Fe, Sr +, Zr +, Cr CN — Fe, Fe, Cr	2, 5 d?, — 1, — 1, 3 d, 0	11 5
4219	.36	.36	.25	0.37	\odot , Fe, \odot V +, Ca +, Fe	1, 4, 3 1, —, 3	6 3 N
4222	.25	.39	.26	.62	Fe, Ce +, Cr	5 0, 0	6 1
4225	.50	.58	.47	.84	Fe, V +, Fe V +, Pr + — Sa +, Fe	4, —, 3 0, — 2, 3	4 Nr 6
4227	.93	1.00	1.31	1.33	Fe, Ca Fe	2, 20 4	10 7
4230	.26	0.33	0.26	0.16	\odot , Fe, CH — Fe, Cr +, \odot	0, 2, 3, —, 1 N	3 n
4233	.41	.93	.42	1.34	Fe, CH — V, Fe +, Cr + Fe	2, 1 N, 4, — 1 6	9 6
4236	.42	.57	.60	0.82	Mn, Mn Y +, Fe, CH, CH	2, 3 0, 8, 1, 1	3 7
4239	.34	.56	.33	.74	Fe, La + Fe	3, 1 Nd 5	3 NW 4
4240	.37				.37	Mn, Fe — Nd +, Ce +, \odot	3, 3, —, 1
4242	.35	.41	.37	.78	\odot , \odot , CH — Mn +, Cr +, \odot Fe, Fe, Ce +	0, 0, 2, —, 2 2, 2, —	6 2

λ	γ Ser d F 5	41 Cyg c F 4	t Per d G 1	Boss 5931 c G 3	Pierwiastek — Element	Natężenie — Intensity	
						Słońce — Sun	α Per
\AA	^m	^m	^m	^m			
4245	0.36	0.35	0.26	—	Fe, \odot	4, 2	5
4247	.39	.80	.41	1.42	Sc + \odot , Nd +, Fe	5 1, —, 4	7 4
4250	.46	.85	.51	0.96	CH, CH, La +, Fe Fe	1 N, 2 N, —, 2, 8 8	7 8
4253	—	.22	.14	.53	Nd +, Cr +, Mn +, \odot	— 1 N, 0 N, 1 N, 1	4 n
4254	.25	.37	.43	.74	Cr, CH — Fe, CH	8, 2 d?, 1	8
4256	—	.25	—	.39	Fe, CH, Ce +, Fe Fe, Dy, Sa +	1, 1 N, —, 2 N 1, —, —	1 2
4258	.34	.53	.41	.92	Zr +, Fe +, Fe CH, Fe, CH, Fe	0, 1 N, 2 0 N, 2, 1 N, 2	7 —
4260	.69	.68	.73	.81	Fe, Fe Fe, Fe, V +	2, 3 d 10, 1, —	2 8
4262	.14	.30	.12	.78	CH, CH Cr +, Cr +	2, 2 —, 1	— 6
4269	.14	.36	.35	.40	V, Fe Cr +, La +	0, 2 0, 0	2 4
4271	.71	.84	.96	1.21	Fe Fe	6 15	7 8
4273	.23	.54	—	0.80	Ti — Fe +, Zr + — \odot	3 N, 2 N	7
4275	.39	.51	.56	1.01	Ti, Cr, CH CH — Cr +, La +	2, 7 d, 0 0, 0	8 6
4278	.14	.26	.16	0.54	Fe +, Fe — Ti	0, 3	5
4280	.36	.28	.46	.40	Fe — CH, CH, Fe — Sc +, CH — Ti Cr +, Cr, Gd, Sa + CH, Cr +, Mn, Ti	2, 2 Nd, 1, 1 —, 1, 0, 1 1, —, 2, 0	2 d? 2 n 2

4282	.35	.56	.36	.84	Fe, Ti Ca	5, 0 4	6 4
4284	.35	.33	—	.60	CH — V — Mn, Cr + \odot , Nd + Ni, \odot +, Ti CH — Ce +, Fe	0, 2 Nd 0, — 1 1, 1, 2 1, 3	4 2 1 3
4288	.39	.56	.41	.99	Ti +, Ni, Fe — Ti	1, 2, 1	8 w
4290	.69	1.27	.67	1.40	Ca Cr, Ti — Ce + Ti +, Fe Fe, Ti — CH, Ti Fe	4 5, 1 2, 1 1, 3, 2 2	6 8 9 2 3
4294	.23	0.65	.42	1.43	Ti + — Fe Zr — Sc +, CH	5 2, 3 d	10 4
4297	.40	.43	.55	1.01	Fe +, CH — Ce +, Zr + — Ce + CH, Cr, CH, \odot Ti, CH — Ni	3, 1, 0 N 2, 1, 2, 2 2, 2	7 — 1
4300	.68	.85	1.13	1.38	Ca, CH, Ti — Fe, Ti Ti + Mn +, CH — Ce +, CH — Ti	3, 1, 4, 2 3 0, 1 N, 2	7 9 1
4302	.72	.85	0.92	1.37	CH — Zr +, Ti +, Fe CH — Y, Ca, CH — Cr Fe +, \odot	0 Nd?, 2, 2 2, 4, 2 N 2, 1 N	8 5 7
4306	.50	.70	.72	0.84	Fe — Cr — CH, Sc +, CH, Ti, CH	3, 2, 1, 4, 2 N	9 W
4308	.85	.65	1.05	1.07	Ca, Ti + — Fe — CH	3, 6	9
4310	.64	.56	0.90	0.76	Fe — CH, \odot Y +, Ce + CH — Co, \odot , CH, \odot , \odot , \odot , CH, CH	3, 1 1, 1 2, 1, 2, 1, 2 N, 1, 1, 2	1 d 7 —
4313	.35	.51	.53	1.52	Mn, CH, Ti +, CH	1 N, 0, 3, 1 N	8
4315	.42	1.01	.56		Sc + — CH, \odot Ti, Ti, Ti +, Fe	3, 1 1, 1, 3, 4	9 8

λ	γ Ser d F 5	41 Cyg c F 4	t Per d G 1	Boss 5931 c G 3	Pierwiastek — Element	Natężenie — Intensity	
						Słońce — Sun	α Per
\bar{A} 4317	^m 0.09	^m 0.37	^m 0.14	^m 0.67	Ti + Zr +	1 0 N	4 2
4319	.33	.46	.10		Ti — Ca, Sa +	4, —1	5
4321	.26	.87	.35	.97	Ce + — Sc +, Ti +	3, 2	12 W
4324	.35		.67		CH, \odot , CH, \odot , \odot	3, 1, 0, 0, 2 N	1 d
4326	.74	.96	.88	1.31	Fe, Sc + Ti, Ni, Ni Fe, \odot	—, 4 1, 1, 1 8, 1	8 — 9
4331	.31	.84	.28	0.89	V, Ti +, Ce + Ti +, Fe V +, Ni, V +	0 N, 1, 0 2, 1 —, 2, —	4 d 5 3 n
4334	.39	.61	.23	.58	Zr + La +	0 N 1 N	1 N 4
4338	.70	1.45	.62	1.44	Fe, Ti + Cr, Zr +, Ti +	5, — 3, —, 4	6 8
4340	1.34	2.17	1.24	1.68	Cr, Zr +, Cr, Cr H γ Ti +	4, —, 3, 0 20 N 2	4 w 25 NW 5
4344	0.49	1.01	0.33	0.91	Ti +, Cr	2, 4	9 w
4352	.54	1.07	.75	1.31	Ti +, Cr Fe, Fe + — CH — Cr, Mg Fe, V	1, 3 2, 5, 5 Nd 4, 0	5 w 9 5
4355	.35	0.62	.35	0.58	La +, Sc +, Fe Ca	—1, 0, 0 N 2	5 2 w
4359	.37	.55	.42	.74	Fe, Y + Ni, Cr, Zr + — CH	2, 0 —, 3, 0	5 n 5

4362	—	.29	—	.29	Sa +, Ni +	—2, 0	3 w
4364	.29	—	.21	—	CH — Cr, CH, \odot , CH, \odot	1 N, 0 N, 0, 1, 1	—
4365		.26		.30	Ce +, La +	—1	2
4368	.39	.55	.39	1.00	Fe, Ti + — CH Fe, V	5, 2 2, —1	7 1
4370	.25	.56	.35	0.72	Fe + Ti, Fe — CH CH — Zr +, \odot V +, Cr	1 0, 4 1, 1 —, 2	5 3 3 3
4375	.41	1.00	.54	1.42	Sc + — Fe Ti +, Y + — Mn — Co Fe, Ce +	3 0, 2 6	10 8 6
4380	.25	0.27	.15	0.35	V Mn +, Zr +	4 —, 0	2 4
4385	.64	.98	1.13	1.33	Fe Sa +, \odot + Mg +, Fe, V, Sc +, Cr \odot , Fe, Fe +, Nd +	15 —, 1 —, —, 3, 0, 2 1, 1, 2, —1	9 4 4 6
4387	.26	.38	0.34	0.70	Ti + Fe, Mg + Sa +, Fe, Ti + Co, Ce +, Cr, Co	1 1, — —, 2, 1 —, 0, 1, 0	7 1 6 3 n
4395	.48	.83	.51	1.53	Ti + Ti +, V, Fe Ti +	2 3, 2, 0 1	7 9 6
4400	.41	.99	.48	1.40	Y +, Ti + Ti + Fe, Sc +, V, Ti + Fe, Zr +, Fe, Ni	1, 0 3 —, 3, 1, — 2, —, 1, 2	7 N 8 8 6 N
4405	.48	.69	.74	0.89	Fe	10	9
4408	.37	.43	.47	.81	V — Ti +, Fe V, Fe, V	2, 4 2, 3, 2	5 4

λ	γ Ser dF 5	41 Cyg cF 4	ι Per dG 1	Boss 5931 cG 3	Pierwiastek — Element	Natężenie — Intensity	
						Słońce — Sun	α Per
\AA	m	m	m	m			
4409	—	0.42	0.21	0.85	Fe, Ti+, Ti+	1, 0, 1	7 N
4411	0.33	.52	.13	.76	Ti+ Ti+	1 1	5 5
4415	.53	1.00	.58	1.14	Mn, Fe Sc+	2, 8 3	9 7
4418	.15	0.71	.25	1.33	Fe+, Ti Ti+ Ti+, Fe Ce+	2, 0 3 1, — 1 — 1 N	7 7 5 1
4422	.33	.53	.30	0.99	Ti+ Fe—Y+, Ti Fe, Ti+, Cr	1 3, 0 1, —, —	4 5 3
4425	.27	.21	.33	—	Ca	4	5
4427	.29	.34	.13	.65	Ti, Fe Ti+, Ce+, Mg+	2, 5 —, — 1 N, —	7 2
4431	.35	.42	.33	.57	La+, Fe Fe Sc+ Ti+, Cr	— 1 N, 1 3 0 — 1, 0	4 4 3 3
4435	.46	.48	.49	.57	Sa+ Ca, Fe Ca	— 1 5, 2 4	1 6 4
4444	.35	.78	.39	1.33	V, \odot Fe Fe, Zr+, Fe Ti+ Ce+, Ti+, Ce+	—, 3 Nd 6 1, 0, 3 5 — 1, 2, — 1	5 4 4 w 8 6

TABLICA III. — TABLE III.

λ	θ Her cK 1	109 Her gK 2	ζ Cep cK 5	β UMi gK 5	Pierwiastek — Element	Natężenie — Intensity	
						Słońce — Sun	
\AA	m	m		m			
4091	0.50	0.34	—	0.38	Fe, Cr—Fe, —, Ce+—Fe, Fe	2, 0, 2, 3, 3	
4093	.92	.66	—	1.17	Fe, Co—Mn—V, Fe, Ca—V	2, 3, 0, 4	
4095	} .73	.42	—	—	—, Ca, Mn, —, V	1, 5, 0, 0, 1	
4097		.44	—	1.20	Fe, Fe, Fe, —, Fe, —, Cr	3, 2, 2, 0, 2, 0, 0	
4099	} .72	.38	—	0.76	Cr, Cr—Fe, Ca, —	0, 5, 6, 1	
4100		.26	—	.76	V, Fe, Fe, Fe	3, 0, 1, 1	
4101	1.31	.58	—	.78	Fe, —, Fe	4, 1, 2	
4102	1.43	.61	—	1.34	—, Fe, H δ , V, Y	1, 2, 3, 1, 1	
4103	—	.60	—	0.55	Si—Mn, — Dy+, —	4, 0, 0	
4105	0.82	.53	—	.87	Fe, —, —, Co—V, —, V	4, 0, 0, 1, 3	
4107	.47	.28	—	.42	Fe, Fe, —, Fe	3, 1, 0, 5	
4109	.63	.56	—	—	—, — Ca?, Fe	1, 2, 3	
4110	.90	.40	—	—	Nd+, Cr, V—Fe, Co, Cr	1, 1, 6, 4, 2	
4112	1.12	.43	—	1.03	Cr, V, Fe	2, 6, 2	
4113	—	—	—	1.14	Ti, Fe, — Mn	2, 3, 0	
4114	0.55	.49	—	0.59	—, Fe	0, 4	
4115	.77	.19	—	—	— Fe, V	1, 4	
4117	.70	.20	—	.71	V, V	3, 1	
4119	1.13	.62	—	1.38	— Fe, Ce+, Fe, Co, Fe, Fe, Fe	2, 1, 5, 6, 2, 2, 0	
4122	0.81	.39	—	0.69	Fe?, Ti—Fe, \odot —Cr, \odot —Ce+, Co, Ti, Fe—Cr— \odot , Ti	3 W, 5 W, 5 WR, 3, 12, 8, 10 H, 10 WH	
4123	.93	.32	—	.80	Fe, Fe+	12 W, 12 W	Arcturus

λ	θ Her c K 1	109 Her g K 2	ζ Cep c K 5	β UMi g K 5	Pierwiastek — Element	Nateżenie — Intensity Arcturus
\bar{A}	m	m		m		
4124	1.13	0.47	—	1.02	La + — Ti, Cr, V — Ti, Fe — Ce +, Sa + — V, \odot	7 h, 8, 12, 15 WH, 3 WH, 4
4126	0.86	.34	—	0.50	Ce + — Y +, —, Fe — \odot , Fe, Fe, Cr, Fe — Cr	5 W, 5 H, 5, 7, 8 H, 8 H, 5
4128	1.13	.69	—	.89	Ti — Fe, Fe, V, Y — \odot , Fe + — \odot , Cr — Fe	10, 8, 15, 7 H, 8 WV, 10 H
4130	1.23	.60	—	.97	Dy + ? — \odot , —, Eu +, Cr — Fe, Gd +, Cr, Ba +	8 n, 5, 15, 15, 7 H, 5, 8
4131	} 1.23	.47	—	} 1.49	Ti — Cr — Mn +	25 W
4132		.91	—		Fe — V, \odot , \odot —, Fe	40 W, 12, 5 W, 10 W
4134	1.23	.83	—	1.52	—, Fe — Ce +, \odot —, Fe — V, \odot , Fe — Nd +, — \odot , —	10 H, 12 H, 10, 50 W, 8 R, 6, 6, 10
4137	1.05	.49	—	0.78	V, Fe, Ti — Fe, Ti — \odot , Ce +, Fe, \odot , —, —, Fe	6 N, 10 nR, 12 WV, 15 W, 4 Wh, 4 Wh, 3 h, 15 W, 4, 10
4140	0.88	.43	—	.76	Co, —, Ti, Fe, Sc + — Mn +, Fe, \odot , —	10 W, 4 H?, 7, 15, 10 rv, 10 WV, 10 W, 7 WH
4142	1.20	.98	—	1.38	Fe — La +	25 RV
4144	1.93	1.13	—	2.20	Ti — Fe, Fe, Fe, —, Ti, Fe, \odot	50, 20 W, 30 RV, 6 W, 8 H, 10 wH, 10 VR
4146	0.86	0.63	—	0.67	\odot , Fe — Cr, —, \odot	5, 15 WH, 10 WH, 5 wR
4148	.89	.54	—	.68	\odot , Fe	10 W, 25 W
4149	1.37	.70	—	.95	Zr + — CN, Fe	10 nd, 10 wn
4150	—	.65	—	1.10	Fe, Fe	10 w, 10
4152	1.40	.75	—	0.93	Ti — Zr + — \odot , —, Fe — La + — \odot — CN, CN — Cb, Cr — Cr +, Fe	10, 4 wH, 25 WV, 6, 6, 7
4154	} 0.96	.55	—	} .95	Cr, Fe, Fe	10, 10, 5 W
4155		.56	—		Cr +, —, Fe, Fe	2 Wn, 8, 10 w, 10 W
4157	1.15	.76	$\overset{m}{1.89}$.75	Zr + —, \odot , Fe, Fe	10 N, 2, 2, 20 W
4158	0.90	.53	1.50	.62	Fe	20

4159	—	.32	1.08	.58	CN — V, Fe, \odot	7 nw, 10, 6 n
4160	—	.53	1.08	.74	Ti —, CN, —, \odot	10, 5, 3, 5 WV
4161	1.17	.64	1.39	.78	Fe, \odot , Fe — Zr +, — Cr, Fe — Ti +, Sr +, —	3, 3 H, 10 W, 7, 15 w, 2, 3
4164	1.00	.66	1.38	.97	CN, CN, Ti + — Cr — Fe, CN — Ti, Ni — Cb, \odot , —, CN — Sc, Fe, Ce +	5 WV, 5 W, 10, 10 W, 10, 10, 3, 6 WN, 6, 4 r
4167	1.32	.81	1.95	1.09	CN — Ba +, Ti — Zr, CN —, CN — Ce + — \odot , CN, Mg, Y — \odot , Fe, Fe	4 W, 6 NH, 6 V, 5 W, 6, 20, 6 W, 10, 10
4168	0.83	.65	0.94	0.74	CN — Fe, CN, Fe, Ti, Fe, \odot	10 w, 1, 5 w, 3, 5, 3 w
4172	1.38	.98	1.87	1.27	Ti — Fe, Fe, Ti + — Fe, Fe — Ga, Fe	20 r, 7 NV, 8, 20 wV, 20 VR
4174	} 1.50	.95	1.39	1.24	Fe — Fe + — Ti +, Fe — Ti +	20 vd, 20 r
4175		.67	1.22	0.90	Fe — Cr, Fe	20 vr, 10 WH
4177	1.05	.71	1.65	.76	Cr, CN, —, Fe	6 WR, 5, 5, 12 H
4178	1.50	.94	1.52	1.08	— Fe, Ti — Nd +, Y +, Fe, \odot , —, Fe	6 NV, 7, 12, 12, 5, 5, 5
4179	1.01	.72	1.27	0.73	V +, CN, Fe +, Cr — V — Cr + — CN	6 W, 10, 25 W
4181	1.02	.77	1.40	} .89	— Fe, —	8 W, 12 WV
4182	1.18	.72	1.39		Fe, \odot , —, Fe, V	20 RV, 10 nd, 5, 10, 4
4185	—	.52	1.07	—	Ti — V +, —, \odot , Ti + — Lu + — Gd +, Fe — CN	6 WV, 4 W, 5, 10, 20
4187	1.39	1.03	1.72	1.18	Cr, —, Ti, —, CN — Cr, Ce +, Fe, Co — CN, —, — \odot , Fe — Zr, Fe	4, 3, 10, 3, 3, 3 h, 20, 5, 5, 5, 5, 25
4190	0.90	0.54	1.25	0.74	\odot , —, —, —, \odot , V, Ti + — Cr	6, 4, 4, 4 N, 10, 10, 5 NH
4191	1.12	.85	1.45	1.21	Co, Fe, Fe —, Cr	20, 20 V, 10 RV, 5 RV
4194	0.60	.55	1.03	0.47	— \odot , Cr —, —, —, —, —, —, Cr — CN	6 h, 4, 4, 4, 4, 5, 6, 10 w
4195	—	.72	1.62	.84	—, Cr — CH — CN, Fe	6 hV, 10 Wd, 10
4196	1.02	1.25	1.80	1.07	Fe, —, Fe, Fe — La +, Fe, —, \odot ?, Cr — \odot	10, 8, 10, 10, 10 N, 5, 5 rv, 3
4198	1.26	0.92	1.76	1.30	CN, \odot , Fe, Cr —, V — Fe, Fe, —	8, 6, 35 W, 8, 12, 20, 7 N
4200	} 1.32	.73	1.14	0.94	Fe, Mn +	20, 5 H
4202		1.14	2.00	1.28	Fe — Ti, Fe — V +, Fe, Ce +, \odot	20 RV, 35 RV, 6 RV, 7, 6
4204	1.22	0.60	1.39	1.01	—, Fe — Ti — Cr, Fe — La +	4 N, 10 W, 12
4205	1.34	.80	1.37	—	Y + — CH, Eu + — V +, Fe, —	5, 15 d, 10 RV, 3 WH

λ	θ Her c K 1	109 Her g K 2	ζ Cep c K 5	β UMi g K 5	Pierwiastek — Element	Nateżenie — Intensity Arcturus
\AA	m	m	m	m		
4207	1.16	0.59	1.73	0.75	Fe, Fe, \odot	25, 10, 3 N
4208	0.87	.50	0.96	.49	\odot , —, — Cr +	4, 2, 4 WH
4209	.77	.73	1.16	.78	Fe, —, —, Zr +, Cr — \odot , V — Cr — V +, —, Fe	8, 5 N, 5, 8 N, 4 rv, 10 V, 3, 12
4211	.70	.49	—	.56	—, —, —, — Cr	6, 5 n, 6, 6
4213	.78	.63	—	.78	Ti — Fe — Mn — Zr +, Cr, —, CN — Cr, —, Fe, Zr — \odot	7 W, 10, 7 RV, 8 RV, 8 n, 10 w, 7 W
4216	1.77	1.23	2.64	1.65	— \odot , \odot — Gd +, Sr + — Fe, —, Fe, Fe, \odot	7 W, 7 W, 20 W, 8, 10, 15, 3 RV
4218	0.22	—	0.44	0.52	—, Fe — Cr — La +, \odot , —	5, 15, 3, 3
4219	.40	0.28	.51	.48	—, Fe, Fe	10, 4, 15
4222	.91	.61	1.28	.86	Fe, —, Ce +, —, —, \odot	15, 3, 5, 5, 2, 4 d
4224	1.00	.74	—	1.69	CH, \odot , Fe — Zr +, Fe	5, 5, 10, 10
4227	2.69	2.20	> 3.40	> 2.80	Fe —, —, Fe — V +, \odot , Fe, Ca — Fe	3, 4, 24 WV, 5, 20 W, 100 RV
4230	0.70	0.53	0.94	0.96	Fe — \odot , Fe — CH, CH, \odot , Cr — Fe, Ni — CH	10 v, 15, 3 r, 4, 4, 6
4233	1.13	.66	1.60	.85	Fe — Zr +, \odot , V — Nd +, Fe, Fe +	5 n, 3, 5, 10, 6
4234	—	.60	1.84	.91	Fe, V — Co	15, 15
4236	0.96	.95	1.25	1.03	V — Sa +, Mn, Fe — Y +	6, 15 d, 25 RV
4237	.71	.59	1.05	0.66	\odot — V +, Fe, — \odot , Fe, La +	3, 15, 10 Nv, 10 n, 5 nd
4239	.71	.67	0.92	.80	Fe, Cr — Fe, \odot — Zr, \odot , Fe — Mn, Ca — Fe	12, 3, 6, 2, 15, 6
4241	.51	.48	.83	.52	Fe — Zr	5 W
4243	.41	.50	.77	.63	Cr + — Mn +, Fe, Fe, Fe, \odot , Fe —	3, 6, 6, 6 wv, 3, 6 N
4245	.33	.29	.62	.34	Fe	15
4247	.76	.60	1.08	.66	Fe — \odot , Sc +, —, Fe — \odot	15, 30 W, 3 H, 20 w
4248	.65	.60	0.77	.52	—, —, \odot , Fe, Fe, —, CH — Ce +, —, Ti	6, 6 Hd, 3, 13 wH, 15 WH, 3 h, 8 W, 7 WH, 8 h

4250	1.37	1.08	1.75	1.47	—, CH, Fe, Fe, \odot , —	5, 20 W, 25 RV, 30 RV, 6 Hw, 3 H
4252	0.59	0.47	0.83	0.74	Ti, Mn + — Ti — Gd +, \odot , Ni — Mg, Co, Nd +, Cr +, \odot , — Mn +, \odot	9 HW, 9 HW, 4 H, 5 H, 25 W, 8 H, 7 WH, 8, 3, 8 H, 8 H
4254	1.25	1.25	2.07	1.77	Fe — Gd +, \odot , Cr, \odot , Fe — CH, CH, Cr — Fe, —, Fe — CH	4 H, 8 wH, 50 w, 5 H, 12 W, 12 WH, 12 d?, 3, 15 W
4256	0.84	0.65	1.00	—	Ti, Fe, Dy + — \odot , \odot , \odot , —, V	9, 10, 15 w, 5 wH, 8, 8 wH, 7 H
4258	1.09	.78	1.36	0.83	—, Mn, Zr +, Fe +, Fe, Fe, Fe, V — Mn +	4 Wd, 15, 9, 4 H, 25 H, 15 WH, 11, 20
4260	1.32	1.22	1.91	1.28	\odot , —, Fe, Fe, —, —, Ti — CH, —, —, Cr — Gd + — Cr +, \odot , —, Ti — Cr, \odot , —, La +	8 wH, 5, 30 W, 60, 3 H, 12 W, 12 WH, 10 WH, 10 WH, 10 WH, 8 WH, 10 RV, 20, 3 h, 5 W, 6 W
4264	0.27	0.42	0.52	0.42	\odot , Fe, \odot , Fe, \odot , —, Fe — Ti	7 wH, 15, 6 W, 12 H, 5 HN, 5 wH, 14
4268	.56	—	.76	.64	— \odot , —, Fe, —, \odot , —, Fe — CH, \odot ?, CH, \odot —, \odot	3 WH, 5 WH, 20, 7 hV, 5, 3, 12 wh, 4, 10 wn, 5 d, 5 H
4269	—	0.64	.83	—	V — Fe, Ti — \odot , —	25 W, 5 d?, 4
4272	2.21	1.55	2.80	2.10	Cr +, La +, —, —, \odot — Fe — Cr, Ti, —, —, —, —, —, Fe, Fe, —, Ti, \odot , — Cr	6 n, 7 nd, 5, 3 H, 15 WH, 12, 5 H, 5, 5 WH, 3, 5, 30 W, 70 W, 10, 15 WH, 9 d, 8 W
4275	1.16	1.25	1.73	1.62	—, Fe + — Ti, —, CH — Fe, —, Ti, Ti — Cr, —, —, —, La + — Cr + — CH, —	5 WH, 20 W, 6 d, 25 WV, 6 Vr, 6 H, 70, 6 d, 4, 3 h, 25 WV, 6 H
4277	0.55	0.48	0.81	} 0.65	—, Ti, Fe — Ti, V, Zr + — Fe — CH	5 H, 20, 15 rv, 10 hr, 8 V
4278	.30	.25	.46		Ti — Fe — Fe +, \odot — Tb +?, Ti — V +, CH	20 WV, 3 WH, 7, 5 WH
4280	1.05	.86	1.22	.93	Fe — CH, —, Fe, \odot — Ti, Fe — CH, \odot — Gd +, —, Mn, Ti, Fe	10 h, 7 h, 10, 8 nh, 8, 15, 10 h, 12 V, 15, 6 H
4282	0.90	.81	1.27	1.00	—, Zr — Zr +, Fe, —, Ti, —, Ca, \odot , —, V — Mn	8 wH, 3 n, 20, 6 h, 15 W, 6 H, 20, 5, 6 h, 8
4285	.77	.58	1.05	0.70	Nd + — \odot ?, Ni — Cr, CH, —, Ti —	5 h, 8, 3 h, 3 hn, 10 h
4286	.91	.78	1.25	.86	—, Fe, Co — Fe, Ti, —, Fe — CH — \odot , Fe, Ti	3 h, 20 W, 15, 20 W, 6 Hw, 18 W, 25 W, 20
4288	.58	.46	0.97	.71	Ti + — Ni, —, Fe — Ti, \odot	20 W, 4 h, 15, 4 HN
4290	1.88	1.46	2.99	2.16	\odot — V +, Ti, Ca, Cr — Ce +, Ti +, Fe	5 wH, 25 W, 20 W, 50 W, 20 W, 15 w

λ	θ Her c K 1	109 Her g K 2	ζ Cep c K 5	β UMi g K 5	Pierwiastek — Element	Nateżenie — Intensity Arcturus
\AA	m	m	m	m		
4291	1.14	0.97	1.71	1.21	Ti—Fe, \odot —Ti, Fe, V—Cr, CH—Fe, —, Fe, —, Ti, —, Zr+—CH	20W, 15W, 20W, 8HV, 12wH, 9, 10, 3n, 6RV, 3hd, 8WH
4294	1.25	.75	1.47	1.10	Cr, —, —, Fe—Ti+, —, Sc+—Zr, —, —	6h, 2, 6h, 35RV, 5H, 12, 6NH, 6NH
4297	0.65	.69	0.93	0.69	Ti—Cr, V—La+, Fe+—Ce+, —Cr, —, \odot , Cr—V, Fe—V, \odot	15W, 10W, 15W, 10WH, 8wH, 5wH, 8wH, 10h, 6n
4299	1.73	1.38	2.33	1.65	Ni?, Ti—CH, Ca, Fe, \odot , Ti—Cr	5W, 25WH, 15H, 20WH, 6h, 15w
4300					—, Ti+, Ti	5H, 18WR, 20W
4301					—, Ti—CH, —	7, 30W, 5h
4303	1.40	1.10	1.78	1.13	Ti+, Fe— \odot , Ca, Fe+—, —, Nd+, \odot —CH, CH, Fe—CH, Fe?	15V, 15RV, 18wH, 15wH, 6n, 10n, 12WV, 5WH, 10, 5wH
4306	1.44	1.21	1.75	1.25	—, Fe—Sr+—Cr, Sc+, Ti, CH—V, CH— \odot —Fe—Ce+	8h, 12, 12, 20, 15, 15W
4308	1.89	1.68	2.22	2.14	V, Fe—Ca—Ti+, —, CH, Fe—Ti, Fe— \odot , —	12w, 80RV, 15W, 10w, 20W, 20W, 6
4310	1.40	1.25	1.75	1.27	Y+, V— \odot , —, —, Ti—, CH—V+, —, —, —, —, —, \odot , CH, Mn— \odot , Ti+, CH—Fe	15W, 20W, 5h, 8W, 15W, 6wH, 5H, 9WH, 9WH, 10W, 3h, 12W, 15W, 9WH, 17W, 9W
4314	0.81	1.07	1.01	0.71	—, \odot , \odot , Sc+—CH, Ti— \odot , \odot —Nd+	3, 5, 5, 20, 15, 5n
4315	1.26	0.86	1.68	1.04	Ti, Fe—Ti+, —, Gd+—, Ti+, \odot , Zr+	25w, 35W, 5, 4, 10, 3h, 6w
4319	0.22	.15	0.31	0.25	Ca—Ti, Sa+	20r, 6h
4320	.45	.25	.61	.43	Fe—, Cr	5R, 5h
4322	.77	.43	1.07	.67	Fe, Sc+, Ti+, \odot , Ti, Fe, \odot —, La+, — \odot ?, Fe—Cr— \odot	3, 15, 12, 3n, 10, 10, 5HN, 6, 5wH, 15W
4325	.78	.91	0.83	.76	—, —, \odot , \odot , Sc+—Ti—Fe	7W, 8WH, 5H, 6WH, 40W

4326	1.85	1.52	2.58	2.31	Ni, Fe, Ti, Ti, Fe, \odot , Ti, Fe, Fe, —, \odot , Sa+, \odot , \odot , V, Ti+, \odot , \odot	7, 70RV, 3nh, 12, 10, 3, 8, 12d, 8VR, 5, 4Nd, 6h, 5w, 4nh, 20, 8, 3, 4n
4332	0.71	0.49	0.95	0.60	Ti+—Ni, \odot ?, Fe—, \odot , Ni, —, \odot —Cr, V— \odot	12, 4, 8, 3h, 12, 3, 6w, 20
4334	.39	.32	.48	.45	\odot —Zr+, La+, —, \odot —Pr+?, —	5H, 11d?, 3h, 3h, 8rv
4335	.46	.34	.53	.36	\odot , V+—Ti, \odot , \odot —	3w, 10, 3, 3nh
4338	1.32	.81	1.74	1.09	—, Fe, Ti+—Cr, Cr, Ce+—, Ti+, Fe, Fe—Nd+	4w, 25W, 8h, 20, 6h, 20, 12, 6W
4339	1.52	.92	2.18	1.10	Cr, Cr, Cr	20, 20, 7
4340		.95			H γ , V, Ti+, \odot , Gd+	40, 20, 17, 3R, 3V
4344	0.70	.61	0.93	0.59	Cr—Fe, CH, Fe, \odot , Ti+, Cr, \odot	20, 3n, 9, 3h, 15, 20, 6
4348	.71	.48	.87	.61	\odot , Ti, Mn, Fe—Ti, Cr, Fe, —, CH, —, Fe— \odot , —, Fe	5h, 6, 5h, 10d?, 6, 15, 3, 6h, 3hd, 20hR, 7, 9
4352	1.35	.93	1.65	1.22	V—Ti+, Cr, —, —, Fe, Cr—Mg—Fe+, \odot —, —, —, V—Fe, —, Cr, Ti	8, 15, 4, 3, 9, 35n, 5, 3, 3n, 30W, 4w, 5, 6h
4355	0.70	.53	0.81	0.61	\odot , La+—Mg, Sc+, —, \odot , Ca, Ti, —, Ni—V— \odot , CH, \odot , Cr, Co	4wh, 4, 15, 5, 5, 15, 6, 5n, 20, 5w, 5, 5, 3n
4359	.72	.60	1.00	.66	Cr, \odot , Nd+, Fe, Y+—, \odot	5nR, 5w, 10, 15, 12, 7W
4360	.78	.62	0.97		\odot , —, Cr—CH—Ni—Zr+, Cr, CH, Ti—CH, Fe, —, Sa+ \odot , \odot , \odot	3hd, 4WH, 25, 6d?, 6n, 8, 10, 5w, 5W, 3H, 7, 5
4364	.49	.43	—	.44	CH—Cr, CH, \odot —V, \odot , CH, CH, CH, Ce+—La+	6, 4n, 6, 3, 4, 4, 5, 3n
4366	—	.40	.37	.34	—, Fe	5h, 8
4368	1.06	.75	1.20	.87	—, —, —, Fe—Ti+—CH, Fe, V, —, Cr—Ni—SiF, Nd+, Ti—Cr	5W, 5, 4WV, 20, 15, 15, 2, 5wd, 6, 5n
4370	0.57	.54	0.63	.43	Fe+—SiF, Fe—Ti—CH—SiF, SiF	4W, 20, 3W
4371	.66	.68	.75	.53	Zr+, CH—Co, Cr	7W, 5W, 20
4374	1.26	.70	1.46	.67	—, Ti—SiF, SiF, Fe, Cr—V, Fe, SiF, —, SiF, Cr—SiF, Sc+—Fe, Ti+, Y+	5W, 7WH, 6W, 6, 10, 10, 3h, 5h, 2h, 15rv, 20, 9, 15
4376		.96			1.00	SiF—Cr, CH—SiF, Fe, \odot
4378	0.44	.48	0.51	0.39	Cr—Fe, Fe, —	3h, 8, 7h
4379	.60	.43	.83	.46	—, V, Zr+—Cr—Mn+, Co	3h, 40, 7, 8

λ	θ Her cK 1	109 Her gK 2	ζ Cep cK 5	β UMi gK 5	Pierwiastek — Element	Nateżenie — Intensy Arcturus
\AA	m	m	m	m		
4381	0.65	0.56	0.85	0.56	Mg, \odot , \odot , Cr	3 d?, 4, 8, 8
4384	2.24	1.93	2.66	2.37	Ce +, \odot , Fe — CH, Fe, Ni, V — Sc +, Cr, Fe, Fe +, \odot — Fe + — Nd +, \odot , —, Ti +, —	3, 5 nh, 10, 60 RV, 3 hn, 25, 12 6nh, 6h, 8, 4h, 3, 7, 4
4388	—	0.59	1.07	0.66	Cr — CH, Fe, Ti, Fe, \odot ?	6 W, 9, 3, 10, 3 w
4389	—	.76		—	—, Fe	3 W, 25
4390	0.76	—		.73	—, Ni, V, Fe — CH	3 h, 3, 20, 7
4391	.86	.79		.64	Fe — Ti +, Ce + — Cr —, V, Cr, Fe, \odot , —, Cr	15 RV, 10 RV, 6, 3, 5, 4, 4, 4
4395	.70	.67		0.85	—	Ti +, —, Ti — Cr, Ti +, V
4396	1.08	.87	1.34	.94	—, Fe, Ti +, —, CH, \odot	3 N, 5, 12, 5, 3 h, 4 hn
4398	—	.43	0.67	—	Y +, Ti +, —, —, —	10, 6, 3 n, 3 n, 5
4401	1.10	.79	1.31	.88	Ti +, Sc +, SiF — V, Ni — Nd +, \odot , —, —, Fe, —, Fe, Ni, —	12, 12, 15, 7, 5, 3, 3, 8, 5, 8, 12, 3
4405	1.95	1.68	2.13	1.94	\odot , Zr + — Cr, Cr, —, \odot , Ti, Fe, — Ti, —, V, —, Fe	5 h, 5 h, 3 W, 3 w W, 4 WH, 20 W, 50 W, 6, 6 nw, 20, 4, 3 nd
4408	1.28	0.95	1.67	1.15	V — Fe — Ti +, V, —, —, Fe — V, —, Fe, Ti +, Sa + —, Ti +, —	20, 15, 5 n, 5, 20 d, 8 wh, 7 d? 10 n, 7, 9, 4 n
4411	0.48	—	0.54	—	Ni —, —, Ti + — Cr — Nd +	6, 3, 8
4412	.50	.42	.61	0.46	Ti + — Mn, Cr — V, Ti	6, 10 nd, 5
4415	1.37	1.15	1.70	1.38	Cr, — Zr +, Mn, Fe, Sc +	3 H, 5, 15 n, 50 W, 15
4418	0.78	0.38	0.92	0.62	V — Ti, Fe +, Ti, Co, Ti +, Ti + — Fe	20, 8, 9, 3 n, 15 rv, 20
4423	.93	.80	1.11	.81	V, Sa +, Sc +, Sa +, Co, V, Ti, Ti + — \odot , Fe — Y +, Ti, — Ni, Fe — Cr — Ti + — V, Fe, Cr — Fe, Cr — Sa + — Ti, V	9, 9, 8, 3, 3, 12 rv, 6, 8, 15, 8, 4 HN, 20, 7, 5 nw, 10, 4
4425	.61	.59	0.78	.63	Ca, Fe — Ti — \odot , Ti — V	15, 7 Wh, 12
4427	.81	.64	.98	.68	Ti, Fe, — Ti +, V — Cr — Fe	10, 40, 5, 15
4430	1.04	.82	1.24	.97	\odot , La + — V — Cr, — Ti, SiF — Fe, Ti, Fe, Ti — Sc +, \odot , Cr	5 W, 10, 6 W, 6, 6, 20 R, 9, 3, 9

4434	0.76	.55	1.46	1.00	Fe, Fe, Fe — Ti, Ti, Sa + — Ti	7 n, 10, 8 W, 12, 8
4435	1.18	.87			Ca, Fe, —, Ca — Eu +, V, Mn, Ti, Fe — Ni, Ni — \odot , V, Ti —, Fe, Fe	25, 35, 7H, 25, 9, 8, 7 n, 9, 4 w, 15, 5 Wh, 7, 5
4443	0.94	.60	1.25	0.78	Fe, Ti —, Fe — Zr +, Fe, Fe — \odot , Ti, V — Ti +, Fe, Fe, Zr +, Fe, Ti +, V — Ti, Ti +	8, 7, 6, 5, 5 w, 5, 18, 25 RV, 7, 4, 10, 20, 13, 9 hR
4445	.84	.56	1.17	.68	Fe, Nd +	13, 7
4448	.61	.35	0.83	.42	Fe, Fe, Fe	9, 10, 25
4451	.74	.43	.96	.62	Ti, Ce +, V — Dy +? — Ti — Ni — Pr +?, Fe, Ti +, Ti, Mn — Nd +, V — Nd +	8, 3, 3 N, 5 n, 9, 7 d?, 8, 8 RV
4455	.63	.41	.78	.43	Sa +?, Mn, Ti, Ti, Fe, Ca, Mn — Fe	4 W, 4, 11, 7 r, 9 rv, 25 RV, 7
4456	.95	.76	1.30	.84	Mn — Ti, Ca — Mn, Fe, Ca — Ti +, Mn, Ti — Mn — Zr + — V, Fe, Mn, Cr — Sa +	15, 20, 8, 9, 3, 25, 6, 7, 7
4460	.96	.73	1.16	.79	Fe — Ni, Cr, V — Cr, V — Ce +, Mn — Fe — Zr +, Fe	30, 7, 20, 35, 8 w, 3
4462	1.27	.99	1.62	1.12	Fe, Fe — Mn — Ti, V — Ni, \odot — Cr, Nd +, \odot , Ti — Ni, Ti, Ti +, Mn — Fe, Cr, Ti	35, 30 R, 20, 3, 3, 3 V, 8, 8, 11, 15, 3, 9
4467	0.70	.42	0.89	0.59	Fe, Fe — Co	25, 8
4468	.65	.46	.86	.55	Sa + —, Ti +, V	3, 25, 3 Rv
4470	.81	.59	1.04	.63	Ti +, Fe, Co, V —, Mn, Ni, Ti + —, Ti — Ce +	11, 12, 9, 9, 8, 9, 10, 8
4472	.70	—	0.91	.55	Fe, Fe — Mn, Fe + —, V	12, 10, 5, 3
4476	.38	—	.63	.40	V — Ti, Fe, \odot	10 VW, 15, 4
4481	.73	.42	.92	.52	Fe — Ti, \odot —, Fe, Ni — Ti, Ti	9, 3, 4, 5, 6
4482	.83	.59	1.04	.72	Fe, Fe, Ti — Fe	3 r, 30 d, 12
4490	.77	.71	1.14	.62	Cr — Fe, Ti +, Fe — V, Ti — Fe +, Fe, Fe — Mn, Fe — V, Fe +	5, 5, 5, 7, 15, 6, 7, 4
4495	.84	.59	1.12	.77	Ti +, Fe	3, 25 rv
4497	.74	—	1.12	.71	Fe — Ti + — Zr +, Fe, Ti, Cr	4, 3, 15, 30
4499	.34	.34	0.59	—	Ti — Na, Mn, \odot	6, 5, 3
4501	.65	.45	.89	.53	Cr — \odot , Ti +, Cr — Nd +, Mn, Fe, Ti, Fe	7, 25, 4, 6, 4, 4, 4
4507	.30	—	.46	.35	Ca — Ti +, Zr — Cr +	6 w, 3 d?

T A B L I C A I V.

Nr.	λ Å	41 Cyg		γ Ser		γ Cyg		ϵ Per		Boss 5931	
		I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$
1	4074	.066	.016	.068	.020	—	—	—	—	—	—
2	4082	.072	.018	.072	.019	.078	.025	—	—	.065	.020
3	4091	.079	.018	.076	.014	.081	.018	.055	.013	.070	.017
4	4100	.086	.046	.081	.036	.085	.035	.059	.017	.076	.032
5	4109	.094	.032	.085	.022	.088	.028	.064	.016	.082	.029
6	4119	.102	.021	.089	.015	.092	.022	.069	.014	.088	.027
7	4128	.111	.030	.094	.022	.096	.032	.074	.015	.095	.046
8	4137	.121	.019	.100	.017	.100	.022	.080	.018	.103	.028
9	4147	.132	.025	.105	.023	.104	.030	.086	.024	.111	.045
10	4156	.145	.032	.111	.018	.108	.028	.093	.024	.120	.048
11	4166	.158	.026	.117	.021	.113	.026	.101	.025	.130	.040
12	4176	.172	.057	.123	.026	.119	.048	.109	.066	.139	.069
13	4186	.187	.043	.129	.030	.125	.039	.120	.033	.149	.060
14	4197	.206	.047	.136	.025	.131	.038	.132	.037	.161	.045
15	4207	.222	.051	.143	.019	.137	.038	.144	.035	.177	.071
16	4218	.237	.048	.151	.027	.143	.035	.158	.036	.193	.059
17	4229	.253	.068	.158	.031	.150	.046	.171	.053	.209	.080
18	4241	.270	.055	.166	.031	.157	.043	.186	.051	.223	.065
19	4252	.288	.051	.174	.030	.164	.045	.201	.052	.237	.086
20	4264	.305	.044	.183	.032	.170	.032	.217	.054	.250	.064
21	4276	.324	.053	.193	.037	.177	.047	.233	.069	.262	.094
22	4288	.344	.087	.203	.047	.185	.057	.248	.069	.272	.116
23	4301	.366	.127	.215	.073	.193	.075	.263	.113	.283	.151
24	4314	.391	.094	.225	.055	.201	.059	.280	.100	.293	.128
25	4327	.422	.116	.237	.046	.210	.050	.296	.077	.302	.090
26	4341	.451	.248	.248	.087	.220	.086	.311	.106	.312	.129
27	4354	.478	.169	.260	.050	.230	.060	.327	.078	.322	.086
28	4367	.507	.114	.276	.038	.243	.053	.344	.066	.332	.099
29	4381	.536	.154	.292	.067	.254	.083	.360	.107	.343	.119
30	4395	.564	.114	.307	.046	.267	.096	.374	.098	.355	.143
31	4410	.592	.173	.324	.059	.279	.091	.389	.088	.366	.144
32	4425	.619	.124	.341	.048	.292	.095	.406	.076	.376	.155
33	4441	.648	.153	.358	.063	.305	.092	.423	.079	.388	.153
34	4457	.674	.164	.376	.064	.322	.105	.442	.102	.401	.134
35	4474	.702	.143	—	—	.338	.096	.462	.072	.413	.115
36	4492	—	—	—	—	.355	.102	.485	.081	.425	.128
37	4511	—	—	—	—	.372	.082	—	—	.442	.100
38	4531	—	—	—	—	—	—	—	—	.458	.143

— T A B L E I V.

ϵ Peg		θ Her		109 Her		ζ Cep		β UMi		Boss 5976	
I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$	I_c	$A/\lambda_2-\lambda_1$
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
.070	.025	—	—	.060	.015	—	—	.049	.011	—	—
.075	.040	.074	.033	.064	.016	—	—	.052	.024	.057	.022
.081	.039	.081	.030	.069	.017	—	—	.056	.020	.062	.023
.088	.046	.088	.036	.074	.015	—	—	.060	.023	.069	.025
.096	.049	.095	.047	.078	.019	—	—	.064	.025	.076	.030
.104	.056	.102	.049	.084	.027	—	—	.069	.031	.083	.035
.113	.068	.110	.061	.089	.039	—	—	.074	.038	.092	.049
.123	.067	.120	.065	.095	.028	.085	.057	.080	.035	.101	.051
.135	.064	.130	.064	.103	.037	.096	.055	.087	.037	.112	.038
.147	.087	.140	.082	.110	.050	.108	.072	.093	.046	.124	.055
.160	.081	.152	.079	.118	.046	.122	.076	.100	.042	.137	.065
.174	.088	.164	.087	.126	.056	.138	.090	.108	.054	.153	.082
.190	.091	.177	.090	.135	.054	.155	.098	.116	.049	.168	.058
.209	.076	.190	.068	.145	.049	.177	.079	.124	.052	.184	.082
.229	.130	.206	.108	.155	.071	.202	.123	.133	.081	.203	.120
.251	.092	.225	.075	.165	.054	.229	.104	.144	.051	.222	.076
.272	.126	.245	.106	.176	.067	.262	.138	.155	.072	.242	.120
.294	.095	.267	.087	.188	.064	.296	.135	.167	.063	.264	.110
.316	.158	.293	.142	.201	.088	.331	.187	.180	.082	.290	.158
.338	.174	.320	.160	.216	.089	.366	.218	.195	.097	.319	.169
.364	.209	.348	.204	.232	.123	.401	.273	.211	.117	.349	.212
.392	.171	.378	.186	.251	.105	.436	.229	.228	.103	.379	.183
.423	.164	.406	.176	.270	.092	.468	.218	.246	.099	.406	.169
.453	.179	.435	.159	.290	.098	.498	.156	.262	.098	.431	.153
.482	.174	.456	.173	.311	.095	.528	.217	.277	.092	.456	.146
.513	.160	.476	.149	.331	.080	.557	.212	.291	.082	.480	.120
.543	.261	.498	.205	.351	.164	.587	.321	.308	.142	.506	.252
.574	.248	.518	.225	.371	.152	.620	.324	.327	.127	.534	.185
.609	.289	.540	.235	.391	.166	.658	.343	.347	.158	.566	.266
.646	.263	.556	.224	.412	.134	.698	.342	.367	.133	.600	.182
.686	.275	.594	.224	.436	.139	.742	.366	.388	.122	.638	.214
.727	.324	.626	.263	.462	.162	.788	.415	.411	.155	.680	.258
.772	.249	.660	.195	.490	.126	.837	.337	.437	.114	.722	.174
.818	.270	.697	.234	.520	.135	.890	.402	.464	.127	.764	.204
.860	.208	.730	.173	.549	.119	.952	.271	.493	.100	.808	.143
.898	.271	.754	.226	.580	.151	1.020	.412	—	—	.854	.198



S O M M A I R E.

W. Iwanowska. Cechy charakterystyczne nadolbrzymów klas F, G, K w widmach o małej dyspersji.

The characteristics of late class supergiants in low dispersion spectra.