

CONFRONTO QUANTITATIVO DI TRE COPPIE DI STELLE A RIGHE FORTI E A RIGHE DEBOLI

Nota di LAURA E. PASINETTI (*)

(Osservatorio astronomico di Merate - Centro di astrofisica del C.N.R.)

RIASSUNTO. — Viene fatto un confronto quantitativo fra alcune stelle della regione F5 - G5, già esaminate da Roman con procedimenti qualitativi e distinte in due gruppi, stelle a righe forti e stelle a righe deboli.

Sono state esaminate le coppie 16 Cep (F5 V st) - 36 Dra (F5 V wk); ι Peg (F5 V st) - ω Dra (F5 V wk); $\ddot{\text{D}}$ Dra (F8 IV st) - HD 198084 (F8 IV wk).

Gli spettri sono stati presi con lo spettrografo Zeiss applicato al riflettore da 1 m dell'Osservatorio di Merate ed hanno una dispersione di 35 Å/mm a λ 4340.

Il criterio indicato da Roman, $H\gamma/4325$, per la distinzione delle stelle in due gruppi, fornisce valori circa uguali per le stelle di una stessa coppia; le differenze sono dell'ordine di grandezza degli errori di misura.

L'esame della regione corrispondente alla banda del CH, secondo il criterio suggerito da Hack per un'eventuale distinzione delle stelle in due gruppi, non rivela differenze marcate fra gli oggetti di una stessa coppia. Le diversità, molto lievi, che si possono riscontrare nel confronto fra le loro profondità centrali, potrebbero essere spiegate ammettendo un errore di classificazione del tipo spettrale o classe di luminosità.

Dall'esame dei grafici si può ritenere che 16 Cep, 36 Dra, ι Peg, siano realmente di tipo spettrale F5; $\ddot{\text{D}}$ Dra, HD 198084 di tipo F8. Differenze di classificazione vi sarebbero invece per quel che riguarda la loro luminosità e precisamente 16 Cep sembrerebbe leggermente più luminosa di 36 Dra; ι Peg di 16 Cep e forse di 36 Dra; $\ddot{\text{D}}$ Dra di HD 198084. ω Dra invece sarebbe di tipo F8 ma leggermente più luminosa di HD 198084.

Si conclude che le stelle della regione F5 - G5, aventi velocità spaziali non molto alte, non si debbano distinguere in stelle st e stelle wk, bensì sarebbe necessario rivederne la classificazione in base allo studio quantitativo dei loro spettri.

ABSTRACT. — A quantitative comparison for some stars in the spectral range F5 - G5 is done. These stars were already studied by Roman by qualitative methods and distinguished in two groups, weak-line and strong-line stars.

The couples 16 Cep (F5 V st) - 36 Dra (F5 V wk); ι Peg (F5 V st) - ω Dra (F5 V wk); $\ddot{\text{D}}$ Dra (F8 IV st) - HD 198084 (F8 IV wk) are studied.

The spectrograms have been taken with the one prism slit spectrograph of the Merate Observatory and they have a dispersion of 35 Å/mm at $H\gamma$.

The criterion, $H\gamma/4325$, suggested by Roman to distinguish the two groups, provides about equal values for the stars of the same couple. The differences are very small, within the order of measurement errors.

We have also considered the G band region as Hack has suggested for eventually distinguish these stars in two groups. The CH features do not show remarkable differences between the objects of the same couple. The small differences we observe by comparison of the

(*) Ricevuta il 12 giugno 1961.

central depths (Figg. 1, 2, 3), can be explained if we suppose the spectral type or luminosity class are not correct.

By the consideration of the graphics (Figg. 7, 8, 9, 10, 11) we conclude that 16 Cep, 36 Dra, ι Peg, are really related to spectral type F5; \oint Dra, HD 198084 to F8 type. There is evidence of slight luminosity differences between stars classified under the same class; precisely 16 Cep appear to be a little brighter than 36 Dra; ι Peg than 16 Cep and probably than 36 Dra; \oint Dra than HD 198084. Moreover ω Dra which was classified F5 could be related to F8 type but a little brighter than HD 198084.

We conclude the stars of the spectral range F5 - G5, having not highest space velocities, must not distinguished in st stars and wk stars, but it is necessary to examine their classification by quantitative study of the spectrograms.

INTRODUZIONE

Nel presente lavoro abbiamo preso in considerazione alcune stelle appartenenti alla regione spettrale F5 - G5 studiata da Roman e distinte spettroscopicamente come stelle a righe forti e stelle a righe deboli ⁽¹⁾, ⁽²⁾.

Poichè la suddivisione di Roman è stata compiuta con un procedimento visuale e quindi con criteri qualitativi, si continua in questo studio il confronto quantitativo già iniziato da Wellmann ⁽³⁾, ⁽⁴⁾ e da Hack ⁽⁵⁾.

Gli spettri esaminati hanno inoltre una dispersione maggiore di quella di Roman e precisamente 35 Å/mm a λ 4340 invece di 125 Å/mm.

La classificazione spettrale e di luminosità adottata è quella di Morgan ⁽⁶⁾.

I risultati dei precedenti AA. si possono riassumere come segue:

Secondo Roman ⁽¹⁾ tra le giganti e le nane della regione spettrale F5 - G5, alcune stelle hanno sistematicamente righe più deboli di altre dello stesso tipo spettrale e classe di luminosità, sì da poterle distinguere in due gruppi ben separati.

Il rapporto fra le intensità delle righe λ 4340 e λ 4325 risulta più piccolo nelle stelle cosiddette a righe deboli, che nelle stelle a righe forti, a pari intensità della 4226 del Ca I. Tale valore costituisce uno dei criteri di classificazione.

Inoltre prendendo in esame le distribuzioni di velocità spaziale dei due gruppi, quelle delle stelle a righe deboli hanno una maggior dispersione di quelle a righe forti. Per queste ultime non si hanno velocità superiori ai 70 km/sec. Tuttavia la conoscenza di tale elemento non è sufficiente a determinare il gruppo a cui una particolare stella appartiene, ad eccezione delle stelle con velocità superiori ai 70 km/sec.

Anche nella regione spettrale G8 - K1 ⁽²⁾ si può procedere alla suddivisione in due gruppi distinti in base alle intensità della banda G e della λ 4226 del Ca I. Le distribuzioni di velocità indicano che il

gruppo con la banda G e λ 4226 più forti è correlato al gruppo delle stelle a righe deboli.

Pure gli Schwarzschild (⁷) hanno trovato che le bande del CH sono un poco più forti, relativamente alle linee del Fe I, nelle nane F ad alta velocità che nelle nane a bassa velocità.

Wellmann (³) in base allo studio della coppia α CMi (F5 IV st) e 110 Her (F5 IV wk) (*), ha rilevato che la banda G è due volte più intensa, e le righe dei metalli neutri e ionizzati circa il 10-12% più forti nella stella a righe deboli che in quella a righe forti. I profili delle H_γ non presenterebbero invece alcuna differenza apprezzabile.

Analoghi risultati il Wellmann ha ottenuto in un successivo studio (⁴) avendo preso in esame la coppia ϑ Dra (F8 IV st) e HR 7955(**) (F8 IV wk). Ha trovato che la banda di assorbimento del CH è pressochè uguale nelle due stelle mentre le righe degli ioni metallici sono circa del 15% più forti nella ϑ Dra.

Hack (⁵) studiando quantitativamente gli spettri di η Boo (G0 IV st) e di ζ Her (G0 IV wk), ha rilevato che il criterio di distinzione dei due gruppi non deve essere basato su un generale indebolimento delle righe metalliche negli spettri a righe deboli bensì sulla maggior forza della banda G. Il solo criterio della banda G sarebbe sufficiente per distinguere in due gruppi tutte le stelle F4 - G5 e G8 - K1 aventi le stesse proprietà cinematiche.

I risultati di Hack concordano con quelli di Roman per quel che riguarda i valori del rapporto fra le intensità di λ 4340 e λ 4325 maggiore nella stella a righe forti.

I profili delle H_γ risultano quasi identici. Non si nota una sistematica differenza di intensità fra le righe dei due spettri sebbene la ζ Her sembri avere in media righe un poco più forti.

Per continuare il programma di studio già iniziato da Hack, sono stati presi in esame gli spettri di tre coppie di stelle, i cui elementi caratteristici sono elencati nella Tab. I.

MATERIALE E METODI

Gli spettri sono stati presi con lo spettrografo Zeiss, nella combinazione camera media, applicato al riflettore da 1 m dell'Osservatorio di Merate.

I dati inerenti agli spettrogrammi delle stelle sono riportati nella Tab. II.

(*) Indichiamo la stella che secondo la classificazione di Roman è a righe forti, con la nomenclatura *st*, quella a righe deboli con *wk*.

(**) HR 7955 corrisponde a HD 198084.

TABELLA I

Stella	Tipo spettrale	Grandezza apparente	Gruppo	Velocità spaziale
ι Peg	F5 V	3.96	st	10 km/sec
ω Dra	F5 V	4.87	wk	16
16 Cep	F5 V	5.15	st	33
36 Dra	F5 V	5.03	wk	41
\oint Dra	F8 IV	4.11	st	23
HD 198084	F8 IV	4.63	wk	39

TABELLA II

Data	Lastra	Spettro N.	Stella	Tempo medio	Posa min	Fenditura μ
7-9-1957	H 168 X2A Ferrania	504	36 Dra	21 ^h 20 ^m	60	50
»	»	506	16 Cep	23 01	60	»
8-9-1957	H 159	508	ω Dra	19 50	20	»
»	»	509	»	20 15	40	»
»	»	510	36 Dra	21 02	30	»
»	»	511	16 Cep	21 42	30	»
»	»	512	ι Peg	22 24	10	»
»	»	513	»	22 36	20	»
9-9-1957	H 170	515	\oint Dra	20 03	15	»
»	»	516	»	20 23	30	»
»	»	519	HD 198084	22 34	20	»
»	»	520	»	22 58	40	»

Le calibrazioni sono state eseguite illuminando la fenditura dello spettrografo con una lampadina alimentata da una corrente stabilizzata di 3,2 Amp e variando la larghezza della fenditura (40, 80, 160, 320 μ) onde ottenere esposizioni in progressione geometrica.

Per ogni stella sono state fatte due pose con tempi uno doppio dell'altro. Inoltre i tempi di esposizione per le varie stelle sono stati scelti in modo da ottenere annerimenti simili per gli spettrogrammi da confrontare; è possibile così eseguire un buon confronto relativo delle coppie di spettri presi su una stessa lastra ed aventi circa uguale annerimento perchè in tal modo si compensano eventuali errori dovuti alla curva di calibrazione.

Gli spettrogrammi sono stati registrati con un microfotometro Moll, valendosi del rapporto 1/50 e con una larghezza della prima e seconda fenditura pari a 0,15 mm.

La curva di dispersione è stata ottenuta mediante lo spettro di confronto del ferro tracciato a fianco dello spettro stellare.

Le lunghezze d'onda sulla registrazione si sono calcolate teoricamente applicando la formula di Hartmann alle distanze misurate direttamente sulla carta.

L'identificazione delle righe è stata eseguita mediante le tavole dei multipletti di Moore (⁸).

Per passare dalle trasparenze alle relative intensità si è fatto uso di una curva di calibrazione unica, media di quelle relative alle singole lastre, avendo tali curve andamento pressocchè analogo.

Il continuo è stato tracciato tenendo conto per tutti gli spettri delle stesse finestre.

RISULTATI

Si è proceduto al calcolo delle profondità centrali delle righe meglio risolte di ciascuno spettro e di sicura identificazione.

Nella Tab. III sono riportati i risultati ottenuti, medie dei due spettrogrammi presi per ogni stella.

Lo scarto medio fra le misure di una stessa riga è risultato essere di 6 centesimi per la coppia ϑ Dra - HD 198084; 5 per la coppia 16 Cep - 36 Dra; 5 per ι Peg - ω Dra.

Il criterio suggerito da Roman per la distinzione delle stelle in due gruppi, rapporto fra le intensità della λ 4340 e λ 4325, non è nel nostro caso applicabile; infatti i risultati ottenuti per le diverse coppie sono i seguenti:

ω Dra	= 1.24 (rapporto fra le profondità centrali)
ι Peg	= 1.38
HD 198084	= 1.16
ϑ Dra	= 1.23
36 Dra	= 1.39
16 Cep	= 1.40

Sebbene si possa notare che i valori sono leggermente superiori nel caso della stella st, tuttavia le differenze sono così lievi che si potrebbero attribuire anche agli errori di misura.

Per quel che riguarda l'intensità della λ 4226 del Ca I, si può ritenere che tutte le stelle, ad eccezione di ι Peg - ω Dra, soddisfino al requisito di Roman (pari intensità della 4226 nelle due stelle da paragonare. Cfr. Tab. III).

TABELLA III (*)

λ mis.	Identificazione	δ Dra	HD 198084	16 Cep	36 Dra	ι Peg	ω Dra
3981.6	1.76 Ti I 12; 1.77 Fe I 278	—	—	—	0.50*	—	—
84.1	3.91 Cr I 38; 4.34 Cr I 38	0.60	0.59	0.43*	.49	—	—
86.4	6.18 Fe I 655	.54	.56	.43*	.51*	0.52*	0.59
97.2	7.13 V II 9; 7.39 Fe I 278	.44	.49	—	.44*	.47	.59
4000.8	0.47 Fe I 426; 0.59 Cr I 295	.69	.73	.55	.61	.59	.62
05.2	5.25 Fe I 43	—	—	.40*	—	.42	.47*
09.2	8.93 Ti I 12	.45	.53	—	—	—	.44*
11.2	0.77 Fe I 219	.45	.46*	.42	—	.39*	.50*
12.3	2.37 Ti II 11; 2.50 Cr II 183 (+)	.51	.45	.42*	—	—	—
14.5	4.53 Fe I 802	.61*	.52	.40	.49	.47	.54*
17.7	7.16 Fe I 527; 8.10 Mn I 5 (+)	.49	.51	.41*	.42	.40	.51*
21.8	1.87 Fe I 278	.53	.54*	.55*	.46*	.46*	.57*
24.7	4.73 Fe I 560	—	.49*	.42*	.39*	.48*	.45*
28.2	8.33 Ti II 87	.62	.66	.45*	.56	—	.57
30.7	0.75 Mn I 2	.59	.60	.50*	.47*	.55	.53*
33.1	3.07 Mn I 2	.50*	.57	.42*	.47*	.51*	.51*
35.0	4.49 Mn I 2	.54	.52	.42*	.45*	.45*	.53
35.7	5.73 Mn I 5	.57*	.54*	.41*	.53*	—	.53*
40.9	0.65 Fe I 655; 0.76 Ce II 138; 1.36 Mn I 5 (+)	.80	.75	.61	.62	.60	.68
45.8	5.81 Fe I 43	.48	.46	.39*	—	.43	.48*
49.0	8.76 Mn I 5	.57*	.51	.44*	.50*	.48	.50
52.1	1.92 Fe I 700; 1.97 Cr II 19	.55*	.55	—	.50*	.46*	.58*
55.0	4.83 Fe I 698; 4.88 Fe I 698; 5.05 Fe I 218; 5.54 Mn I 5	.55	.60	.48	—	.55	—
57.5	7.36 Fe I 277; 7.50 Mg I 16	.66	.69	.59	.58	.56	.61*
63.6	3.60 Fe I 43	.56	.63	.46	.51*	.56	.63*
67.0	6.98 Fe I 358; 7.27 Fe I 217	.62	.68	.50	—	—	.60
71.7	1.74 Fe I 43	.61	.71*	.53	.54	.61	.66*
77.7	7.71 Sr II 1	.51	.51	.44*	.43*	.54*	.54
79.5	9.24 Mn I 5; 9.42 Mn I 5	.50	.46	.45	.45	.47*	.59*
83.7	2.94 Mn I 5; 3.63 Mn I 5	.43*	.49	.51*	—	.54*	—
84.8	4.50 Fe I 698; 5.01 Fe I 358	—	.42*	.42*	—	.37*	—
88.7	8.57 Fe I 906	.31*	.39*	—	—	—	—
90.7	0.58 V I 41	.45	—	—	—	—	—
92.7	2.63 Ca I 25	—	—	—	.38	—	.41

(*) Le identificazioni seguite da (+) corrispondono all'elemento predominante nel blend. I dati segnati con * si riferiscono a misure di un solo spettro.

segue tabella III

λ mis.	Identificazione	ϕ Dra	HD 198084	16 Cep	36 Dra	t Peg	ω Dra
4095.0	4.93 Ca I 25	—	0.40*	0.30*	—	0.35	—
96.0	5.98 Fe I 217; 6.12 Fe I 911	0.33	.48	—	0.41*	—	—
98.2	8.18 Fe I 558; 8.44 Cr II 165; 8.53 Ca I 25	.84	.80	.81	.30*	.28	0.36
4101.7	1.74 H δ	.24*	.38	.21*	.78	.80	.85
07.0	7.49 Fe I 354	.38*	.40*	.35	.42*	—	—
09.3	9.81 Fe I 357	.35	.48	.41*	—	.36	.43
15.0	4.45 Fe I 357	.54*	.58	.47	.46*	.40*	.52*
18.5	8.55 Fe I 801	.42*	.56*	.44*	.48*	.50	.64
23.0	2.64 Fe II 28	.48	.46	.54*	.48*	.37*	.53*
24.8	4.79 Fe II 22; 4.91 Y II 14	.55	.58	.50*	.47*	.46*	.55*
27.5	7.61 Fe I 357; 8.05 Si II 3; 8.74 Fe II 27	.39*	.47*	—	—	.47	.67*
29.4	9.73 Eu II 1	.52*	.65*	.48*	.52*	—	—
32.1	2.06 Fe I 43	.52	.55	.53*	.50*	—	.66*
33.9	3.87 Fe I 698	.48*	.56*	.40	.46	—	.50
36.9	7.00 Fe I 726	—	.40*	—	.42*	.47*	—
40.5	0.44 Fe I 694 e 695	.49	.59*	.43*	.45*	—	—
43.4	3.42 Fe I 523	.63	.63	.52	.51*	—	.63
43.9	3.87 Fe I 43	—	.47*	.34*	—	—	—
45.8	5.77 Cr II 162	.43	—	—	.44*	.47	.47*
47.5	7.67 Fe I 42	.46	—	.50*	.49*	.50	.54*
49.5	9.37 Fe I 694	.45*	.50*	.43	.44*	.43	.65*
52.2	2.17 Fe I 18	.48	.57	.50	.47	.52	.59*
54.4	3.95 Fe I 695; 4.11 Fe I 694; 4.81 Fe I 694	.53	.53	.45	.47	—	.51
56.8	6.80 Fe I 354	.43*	.48	.50*	.47*	—	—
58.8	8.80 Fe I 695	.49	.52	.48	.44	.49	.56
61.1	1.41 Cr I 305; 1.80 Sr II 3	.48*	.50*	—	—	—	.48*
64.0	3.64 Ti II 105	.58*	.57	.51	.48*	—	.58
67.5	7.27 Mg I 15	.63*	.66*	.56	.52*	—	—
71.9	1.90 Ti II 105; 2.13 Fe I 649	.57*	.54*	.57*	.57*	.45	.55*
73.5	3.45 Fe II 27	.54*	.57*	.52	.50	—	—
78.0	7.54 Y II 14; 7.60 Fe I i8; 8.86 Fe II 28	.50*	.67*	.49*	.52*	—	.63*
81.9	1.76 Fe I 354	.50*	.56	—	.52*	—	.59*
83.4	3.43 V II 37; 4.22 Fe I 274	.51	.55	—	.52*	.43	—
87.2	7.05 Fe I 152; 7.80 Fe I 152	—	—	—	.52*	.52*	—

segue tabella III

λ mis.	Identificazione	\oint Dra	HD 198084	16 Cep	36 Dra	ι Peg	ω Dra
4191.0	1.44 Fe I 152	0.49	0.46	0.46	0.50*	0.47	0.55
95.3	5.34 Fe I 693	.48	.59*	—	.45*	—	—
98.3	8.31 Fe I 152	.56	.63	.58*	.56	.49*	.60
4202.0	2.03 Fe I 42	.48*	.53	—	.50*	.45	.56
04.0	3.99 Fe I 355	.45*	.46*	—	.46*	—	.44*
08.9	8.61 Fe I 689 e 696; 8.99 Zr II 41	—	—	—	—	.40*	.53*
10.2	0.37 Fe I 152	.37*	—	—	—	—	—
15.5	5.52 Sr II 1	.55*	.55	—	.54*	.53*	—
20.0	0.05 V II 25; 0.35 Fe I 482	.43	.44	—	.45*	.43	.54*
22.5	2.22 Fe I 152	—	—	—	.46*	—	.52*
26.7	6.73 Cr I 2 (+); 7.43 Fe I 693	.65	.68	.63	.63	.58*	.69
29.4	9.76 Fe I 41	—	.41*	.43*	.47*	.38*	—
33.2	3.17 Fe II 27	.48	.54*	.52	—	.55*	.61
36.0	5.73 Y II 5; 5.94 Fe I 152 (+)	—	.49*	.49	.48*	.43*	.59
38.9	8.82 Fe I 693; 9.85 Fe I 18 e 27	—	—	.54	—	.49	.54*
42.4	2.38 Cr II 31	.50*	—	.39*	—	—	—
47.2	6.83 Sc II 7; 7.43 Fe I 693	.42*	—	—	.51	.59*	.59*
50.1	0.12 Fe I 152; 0.79 Fe I 42	.48*	.59	.47*	.53*	—	.60*
54.3	4.35 Cr I 1	.48	.48	.41*	—	—	—
58.1	8.15 Fe II 28	—	—	.47*	—	—	—
60.5	0.48 Fe I 152	.55	.62	.53	.54*	.56*	.63
71.2	1.15 Fe I 152; 1.76 Fe I 42	—	.63*	.56	.58	.58*	.61
75.0	4.80 Cr I 1	.47	.53*	.44*	.51*	—	.55*
80.3	9.93 Sc II 15	.55*	.48	.45	—	—	—
83.0	2.40 Fe I 71	—	.48	.45*	—	—	.63*
89.7	9.72 Cr I 1	.61	.63	.58	—	.52*	—
94.1	4.13 Fe I 41	.49*	.50*	—	—	—	.51*
96.6	6.57 Fe II 28	.54*	.54*	—	—	—	.56*
99.2	9.24 Fe I 152	.65	.68	.53	.64*	.55*	.65
4300.0	0.05 Ti II 41	—	—	.61	—	—	—
02.2	1.92 Ti II 41; 2.52 Cr I 5	.59*	.67	—	—	.51*	.61*
07.9	7.90 Ti II 41; 7.91 Fe I 42	.64	.71	.53	—	.57*	.67
14.3	4.09 Sc II 15; 4.98 Ti II 41	.54	.53	.54*	—	.51	.60
21.2	0.74 Sc II 15; 0.96 Ti II 41	.44	.42*	.53*	—	.55*	.57

segue tabella III

λ mis.	Identificazione	δ Dra	HD 198084	16 Cep	36 Dra	ι Peg	ω Dra
4325.8	5.01 Sc II 15; 5.76 Fe I 42	0.58	0.66	0.58*	—	—	0.74*
30.5	0.26 Ti II 94; 0.71 Ti II 41	.42*	.40	.43*	0.38*	0.31*	—
37.6	7.92 Ti II 20	.40*	—	—	.78	—	.46*
40.5	0.47 H γ	.75	.82	.76	.36*	.77	.82
44.0	4.51 Cr I 22	.30*	.38	—	—	.32*	—
47.3	7.32 Al II 70	—	.39	—	—	.32*	.33*
51.8	1.76 Fe II 27 (+); 1.77 Cr I 22; 1.90 Mg I 14	.53	.59	.52*	.56	.57	.66*
59.0	9.62 Cr I 22	.50	.48	.42	.52*	—	.59*
67.5	7.58 Fe I 414; 7.65 Ti II 104; 7.90 Fe I 41	—	.43*	.40*	—	.50*	.59
74.0	3.56 Fe I 214 e 413; 4.45 Sc II 14; 4.82 Ti II 93;	—	.51	.46	—	.39	.56
	4.94 Y II 13						
83.5	3.55 Fe I 41	.60	.67*	.51*	.53*	.46*	—
91.1	0.95 Fe I 414	.48*	.48	.37*	—	.48*	—
95.0	5.03 Ti II 19	.56*	.50	.51*	.48*	.54*	.58
4400.2	9.76 Ti II 51; 0.35 Sc II 14	.54*	.48	.43	.48*	.63*	.58*
04.7	4.75 Fe I 41	.52	.55	.52*	.46	.58*	.62*
07.3	7.71 Fe I 68	—	.40*	.47*	—	—	—
09.0	9.22 e 9.52 Ti II 61	—	.43*	—	—	—	—
15.1	5.12 Fe I 41	.52	.56*	.39*	.43*	.45*	.60*
17.7	7.72 Ti II 40	.58*	—	.45*	.41*	.54*	—
22.6	2.58 Fe I 350; 2.59 Y II 5	.46*	.46	.40*	.41	.43*	.55*
25.4	5.44 Ca I 4	—	—	—	—	—	.56*
30.0	0.61 Fe I 68	.50*	.46	—	—	—	.56*
34.1	4.96 Ca I 4	.54	.51	—	—	.43*	—
42.3	2.34 Fe I 68; 3.81 Ti II 19	.47*	—	.42*	.48*	—	—
46.7	6.84 Fe I 828	.41*	.42	—	—	—	—
50.5	0.49 Ti II 19	.43*	.47*	—	—	—	—
54.8	4.78 Ca I 4	.55	.55*	—	.49*	.53	.59
59.1	9.12 Fe I 68	.47*	.51*	.40*	—	.54*	—
61.8	1.66 Fe I 2	.57*	.57	—	—	—	—
69.0	8.49 Ti II 31	.51	.46	—	—	.45*	.53
80.7	1.13 Mg II 4; 1.33 Mg II 4	.57	.51	—	—	—	—
88.7	9.18 Fe II 37	—	.46*	.50*	—	.45*	—
94.6	4.57 Fe I 68	.49*	.39	—	—	.45*	—

segue tabella III

λ mis.	Identificazione	ϕ Dra	HD 198084	16 Cep	36 Dra	ι Peg	ω Dra
4500.7	1.27 Ti II 31	0.40*	—	—	0.48*	0.58*	0.57*
07.6	8.29 Fe II 38	.45*	0.39	—	—	—	—
14.8	5.33 Fe II 37	.51*	.46*	—	—	—	—
22.6	2.63 Fe II 38	—	.32*	—	—	—	—
28.1	8.62 Fe I 68	.42*	.48	—	—	—	—
34.6	4.17 Fe II 37; 4.97 Ti II 50	—	.49*	—	—	—	—
41.5	1.52 Fe II 38	.42*	.41*	—	—	—	—
49.6	9.47 Fe II 38; 9.62 Ti II 82	.57*	.49*	—	—	—	—
58.7	8.66 Cr II 44	.41*	—	—	—	—	—
63.8	3.76 Ti II 50	.49*	.43*	—	—	—	—
71.9	1.97 Ti II 82	—	.44	—	—	—	—

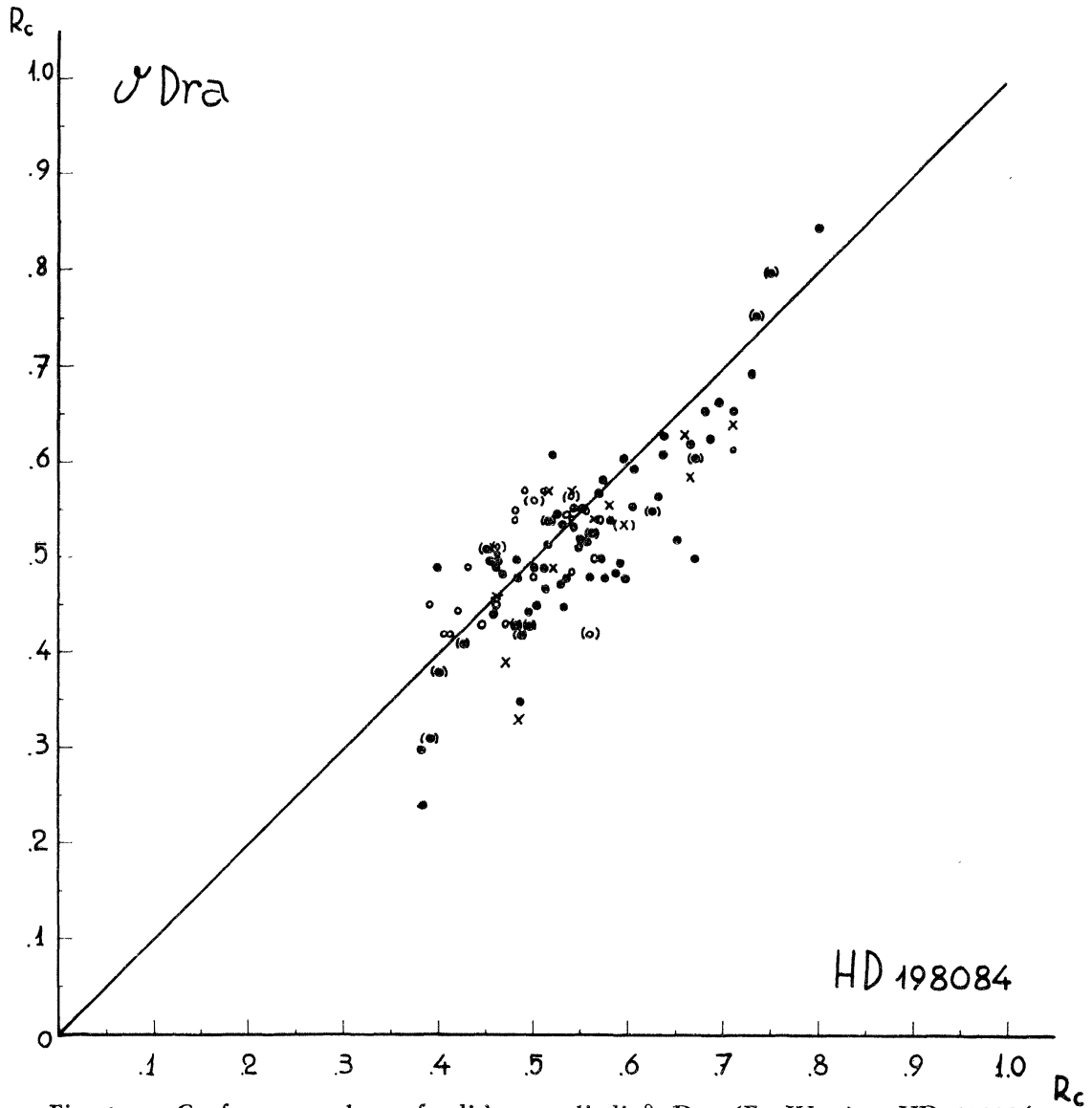


Fig. 1. — Confronto tra le profondità centrali di ν Dra (F8 IV st) e HD 198084 (F8 IV wk); ● atomi neutri; ○ ionizzati; x blend.

Nelle Figg. 1, 2, 3 vengono confrontati i diversi valori; i dati che vi figurano sono quelli relativi alle medie (*). In ordinate sono riportate le profondità centrali delle stelle a righe forti, in ascisse quelle a righe deboli.

Si può constatare che i punti si dispongono per le prime due coppie sopra e sotto la retta a 45° , con una maggior frequenza al di sotto, cioè si ha in media una maggior intensità per le righe della stella wk. Questo risultato conferma quanto era già stato trovato da Hack.

(*) I punti tra parentesi corrispondono a righe non perfettamente risolte, tuttavia misurabili.

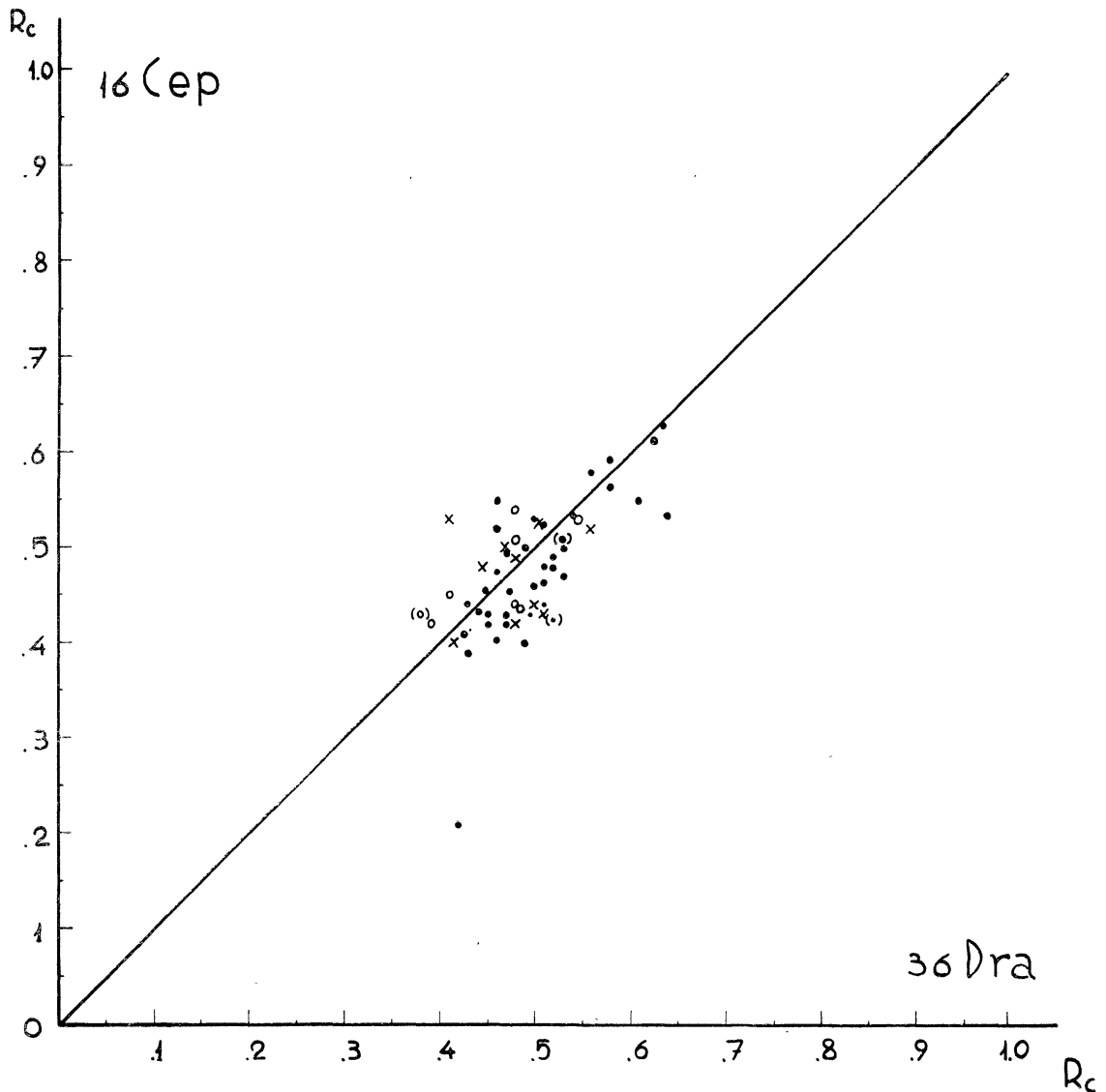


Fig. 2. — Confronto tra le profondità centrali di 16 Cep (F5 V st) e 36 Dra (F5 V wk); ● atomi neutri; o ionizzati; x blend.

Nel caso della terza coppia poi, tale caratteristica è molto evidente poichè la quasi totalità dei punti è disposta al di sotto della retta.

Nelle coppie ϑ Dra - HD 198084 e 16 Cep - 36 Dra si può notare un maggior numero di elementi ionizzati al di sopra della retta a 45° , rispettivamente 42%, 31%, delle righe misurate (esclusi i blend), mentre al di sotto 18%, 10%. Tale risultato confermerebbe quello ottenuto da Wellmann (⁴) per la coppia ϑ Dra - HD 198084 (= HR 7955).

Poichè, come vedremo in seguito, non abbiamo notato nello studio della regione corrispondente alla banda del CH, differenze molto marcate fra le stelle di una stessa coppia, riteniamo che non si possano

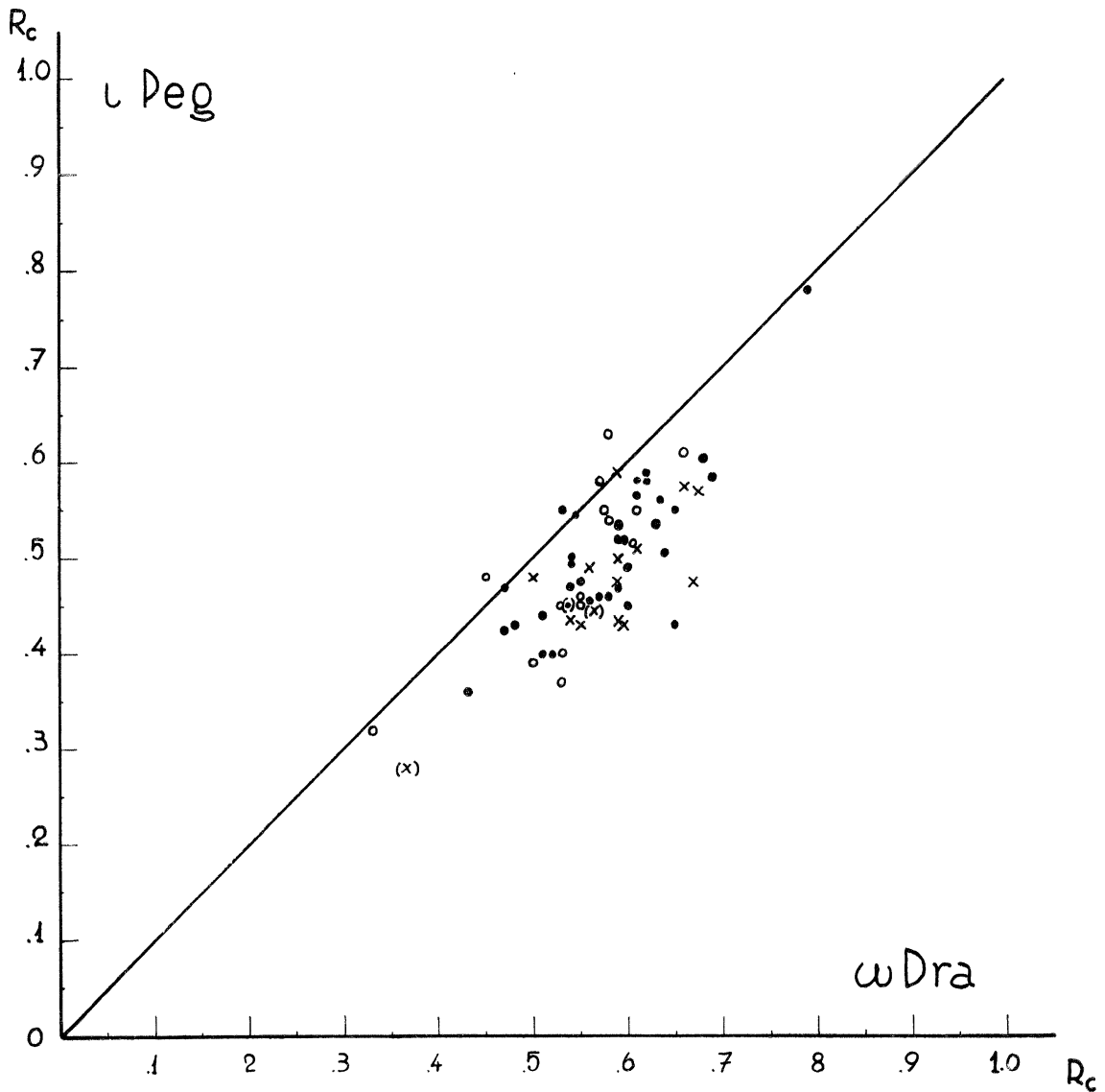


Fig. 3. — Confronto tra le profondità centrali di ι Peg (F5 V st) e ω Dra (F5 V wk); ● atomi neutri; ○ ionizzati; x blend.

distinguere le stelle di questa regione spettrale in due gruppi separati di stelle a righe forti e stelle a righe deboli, almeno nel caso di corpi aventi velocità spaziali simili e non molto elevate, come quelli presi in considerazione.

Le lievi differenze che si possono riscontrare esaminando le Figg. 1, 2, 3 potrebbero essere spiegate ammettendo un errore di classificazione del tipo spettrale o classe di luminosità.

Questa ipotesi sarebbe avvalorata sia dal fatto che la stella wk ha in generale righe leggermente più intense di quelle della stella st, sia,

come abbiamo visto in precedenza, dalla diversa percentuale di atomi ionizzati al di sopra della retta a 45° .

Vedremo in seguito come tale ipotesi nel caso del gruppo ι Peg - ω Dra, si possa ritenere confermata.

Si sono poi calcolate le larghezze equivalenti delle H_γ , H_δ e della 3933.66 (K) del Ca II. Nella Tab. IV si riportano i relativi risultati (in Angstrom).

TABELLA IV

Stella	H_γ	H_δ	K
ϕ Dra	8.17	8.29	—
HD 198084	6.43	6.92	—
16 Cep	6.74	8.30	8.02
36 Dra	5.55	6.79	8.04
ι Peg	6.88	8.89	9.18
ω Dra	7.96	9.67	10.43

Non è stato possibile calcolare la larghezza equivalente della K nella prima coppia, essendo in questa zona la pellicola sottoesposta.

Le differenze che si riscontrano nelle larghezze equivalenti sono dell'ordine degli errori di misura. Tali errori possono mascherare le eventuali diversità di tipo spettrale.

Allo scopo di meglio confrontare le intensità di H_γ , essendo il tracciamento delle ali della riga alquanto arbitrario, si è presa in considerazione un'intera zona spettrale intorno a λ 4340, riportata nei grafici unitamente a quella caratteristica della banda G.

Per quest'ultimo confronto sono state calcolate le intensità di una regione spettrale a partire da λ 4289.

I risultati ottenuti per ogni spettrogramma sono stati riportati in grafico; indi mediante sovrapposizione e stima visuale è stata tracciata per ogni stella la curva media dei due spettri.

Nelle Figg. 4, 5, 6 si riportano insieme la curva media della stella st (tratteggiata) e della wk (tratto continuo) di una stessa coppia.

Dai grafici si può constatare che sebbene le differenze non siano molto forti, almeno per le coppie ϕ Dra - HD 198084, 16 Cep - 36 Dra, tuttavia le righe della stella wk appaiono leggermente più intense di quelle st in particolare in corrispondenza delle λ 4301, 4307, 4325, 4340, 4351.

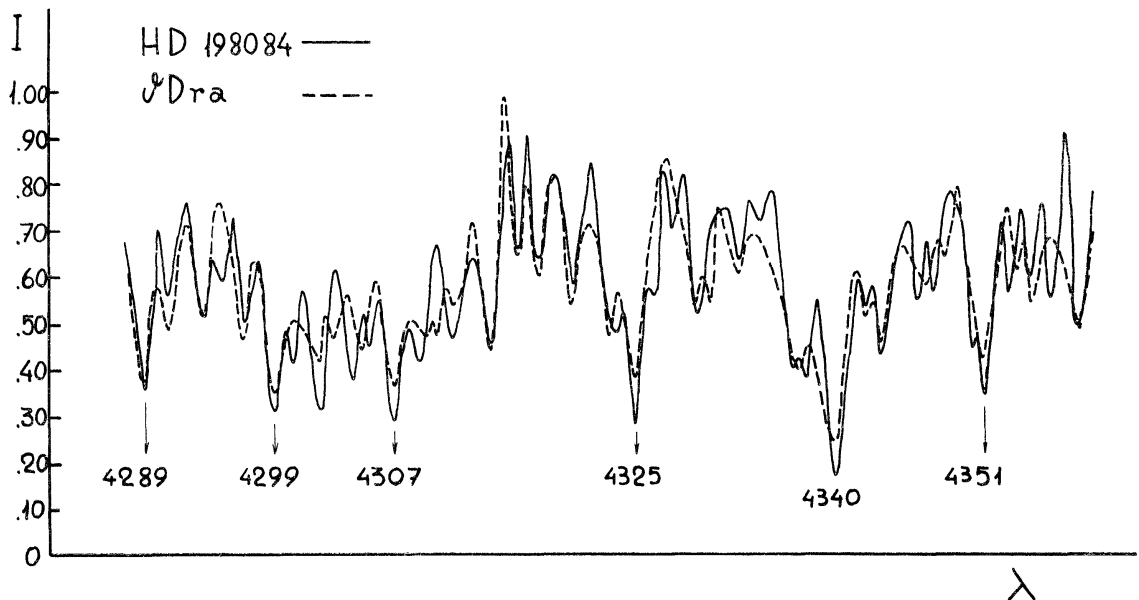


Fig. 4. — Curve medie delle intensità di ϕ Dra (st ----) e HD 198084 (wk —) nella regione della banda G e della H_{γ} .

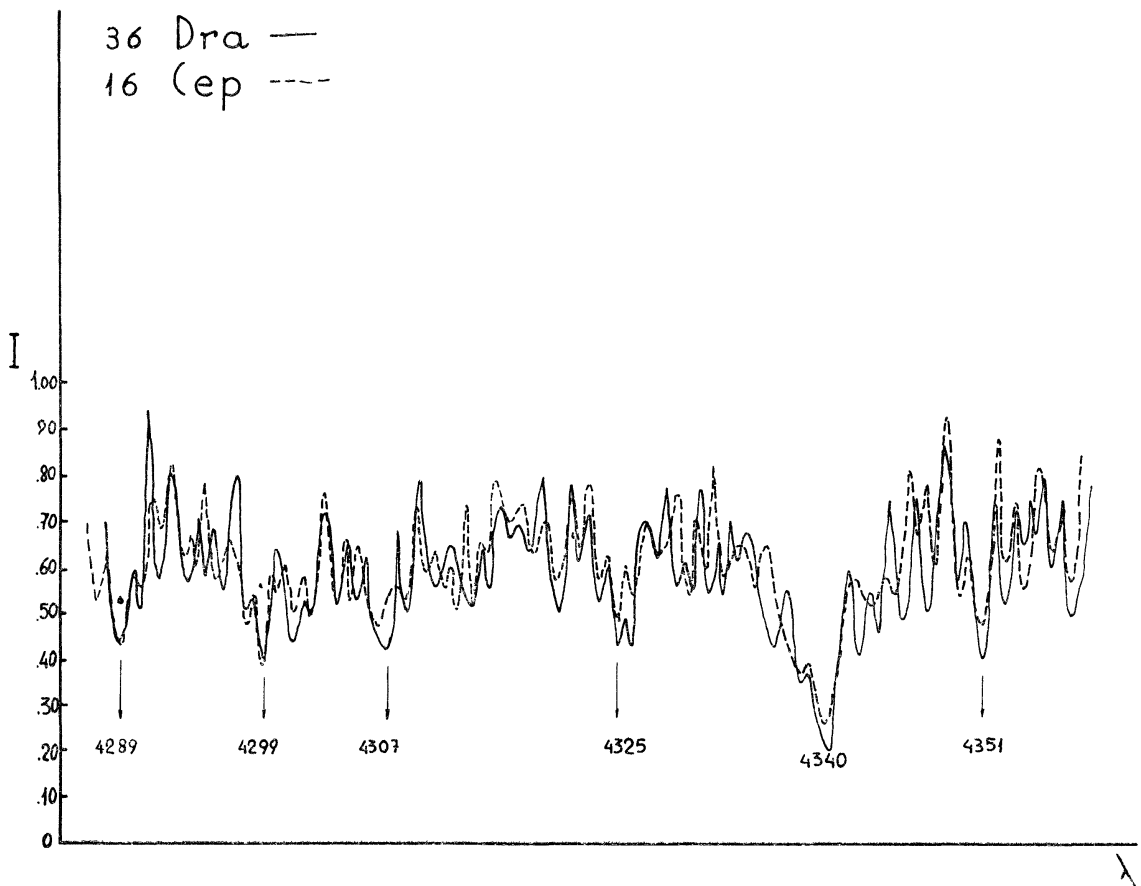


Fig. 5. — Curve medie delle intensità di 16 Cep (st ----) e 36 Dra (wk —) nella regione della banda G e della H_{γ} .

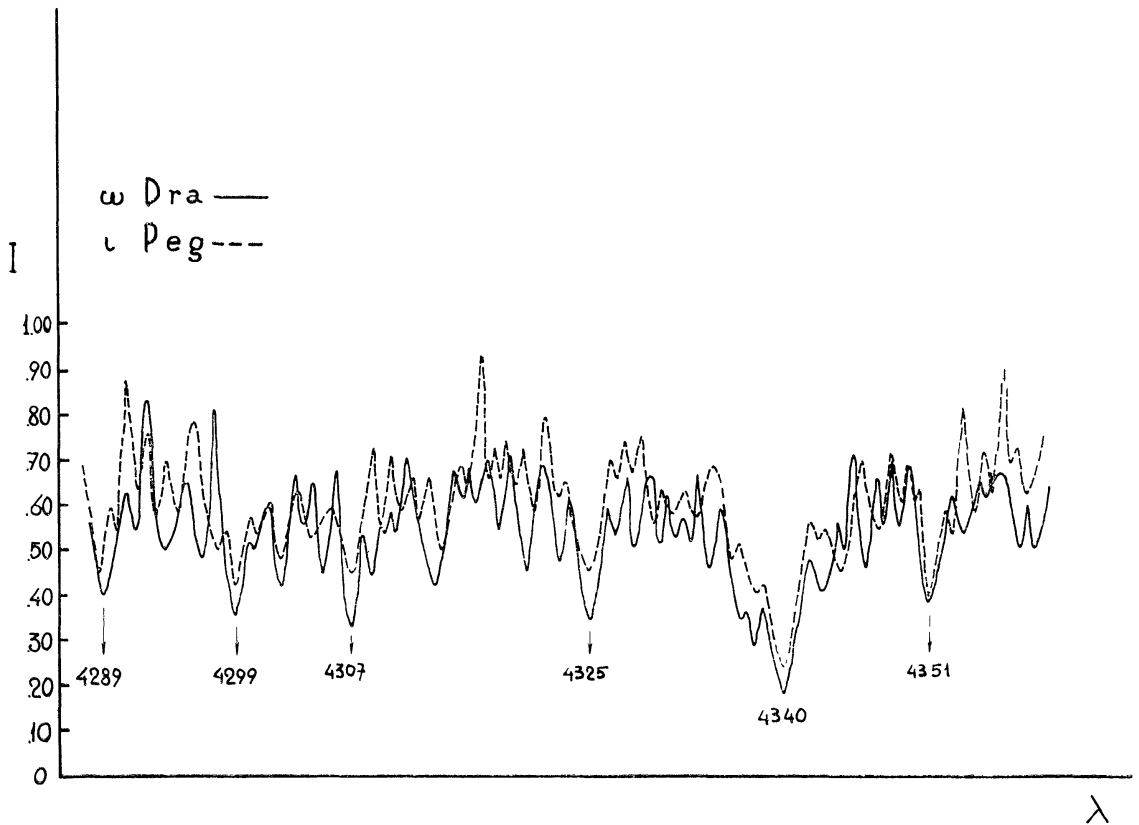


Fig. 6. — Curve medie delle intensità di ι Peg (st - - -) e ω Dra (wk —) nella regione della banda G e della $H\gamma$

Nella prima coppia non sono visibili differenze corrispondenti al massimo del CH a λ 4324, probabilmente perchè dell'ordine degli errori di misura; sono invece più evidenti in corrispondenza dell'altro massimo della banda G a λ 4311.

Per la coppia 16 Cep - 36 Dra invece, si ha il caso inverso: l'effetto, sebbene molto lieve, si può riscontrare in corrispondenza della zona di λ 4324.

Una considerazione a parte merita la coppia ι Peg - ω Dra. La Fig. 6 mette in evidenza come anche per questa particolare zona quasi tutte le righe della stella wk siano più forti di quelle della stella st. Tale fenomeno risultava abbastanza chiaramente anche nel confronto riportato dalla Fig. 3 per tutto lo spettrogramma.

Questo fa pensare che ω Dra sia di tipo spettrale più avanzato che ι Peg in quanto tanto le righe degli elementi neutri che ionizzati sono sistematicamente più intense.

Una conferma di tale ipotesi è data dal fatto che la 4226 del Ca I è più intensa in ω Dra che in ι Peg.

Un fenomeno analogo non si riscontra invece nella coppia 16 Cep - 36 Dra date come appartenenti allo stesso tipo spettrale F5 V.

Allo scopo di individuare eventuali errori di classificazione spettrale, sono stati anche confrontati fra loro spettri appartenenti a coppie diverse.

Considerando innanzi tutto la coppia più differenziata, possiamo constatare (Fig. 7) come nella ω Dra le righe siano nettamente più forti che nella 36 Dra ugualmente classificata F5 wk. Ciò potrebbe far escludere l'appartenenza delle due stelle ad una medesima classe spettrale.

Il confronto tra la ω Dra (Fig. 8) e la HD 198084 indica che la ω Dra è anch'essa di tipo spettrale F8; data l'intensità delle righe cor-

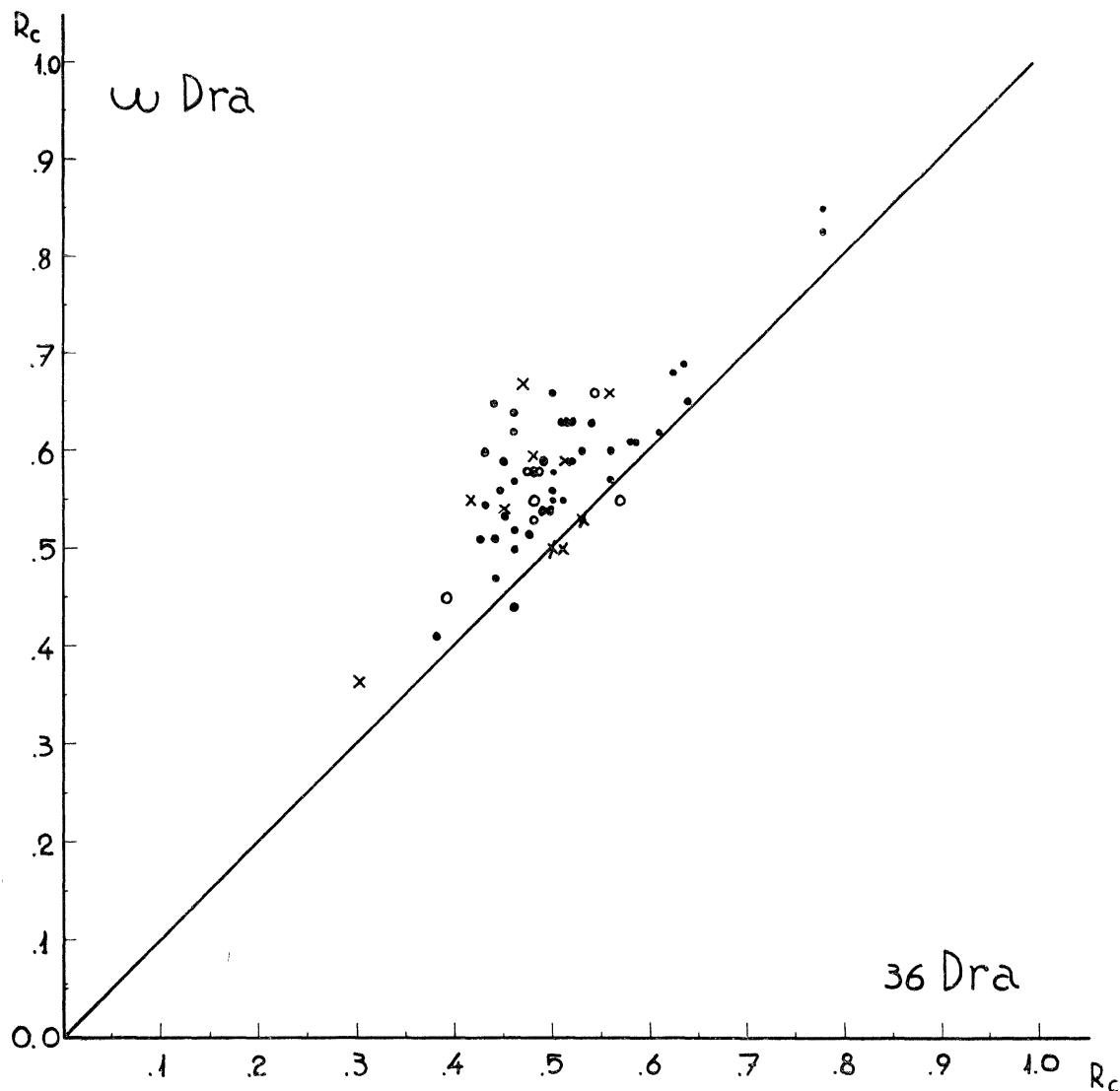


Fig. 7. — Confronto tra le profondità centrali di ω Dra (F5 wk) e 36 Dra (F5 wk); ● atomi neutri; ○ ionizzati; x blend.

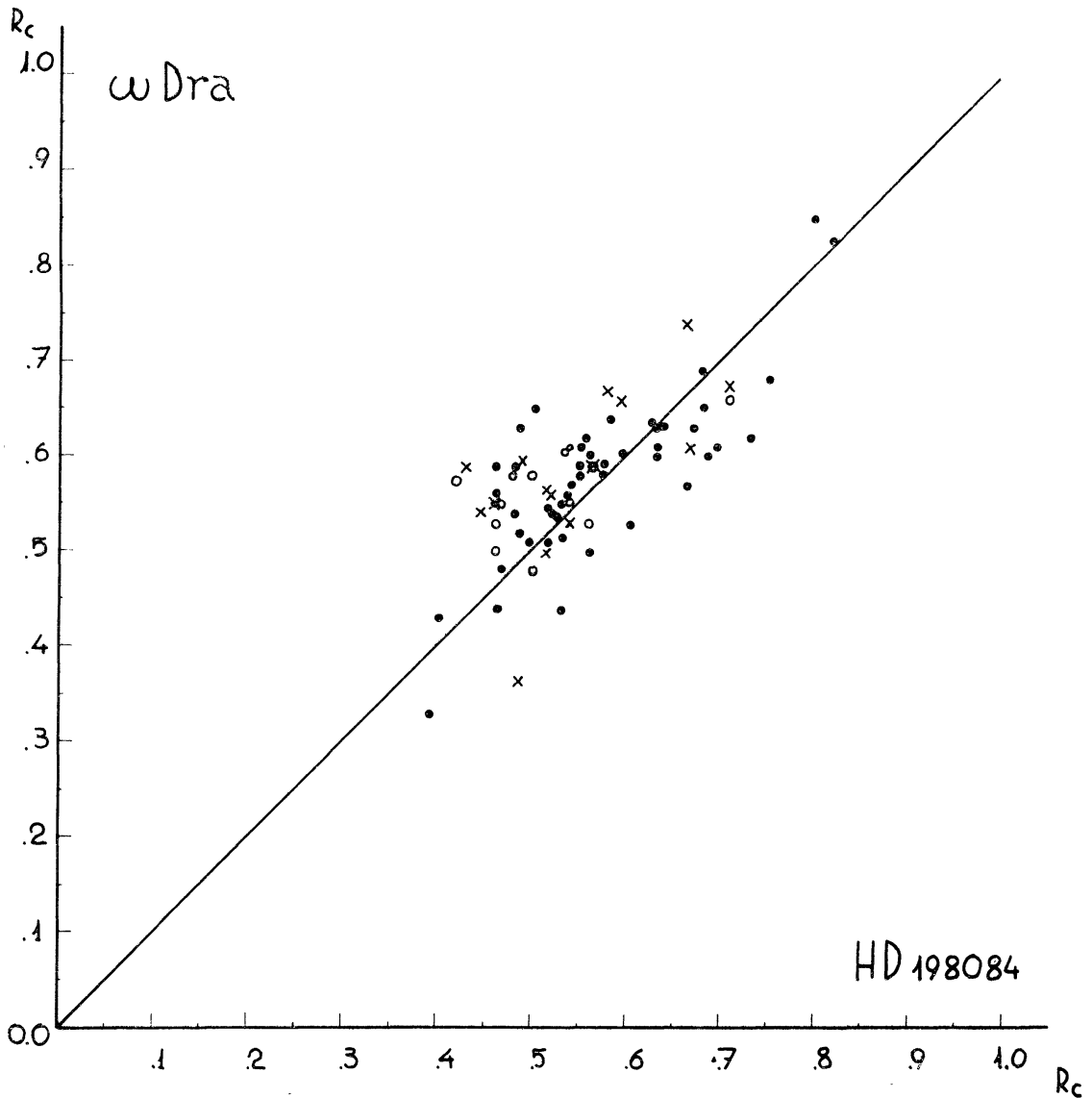


Fig. 8. — Confronto tra le profondità centrali di ω Dra (F5 wk) e HD 198084 (F8 wk); ● atomi neutri; ○ ionizzati; x blend.

rispondenti ad atomi ionizzati, vi sarebbe però una lieve differenza nella classe di luminosità.

Confronti analoghi sono stati fatti anche per la ι Peg; la Fig. 9 conferma l'uguaglianza di classe spettrale della ι Peg e 16 Cep; la prima però sembra più luminosa di 16 Cep. Analogo risultato si ha dall'esame del grafico (Fig. 11) ι Peg - 36 Dra (F5 wk). Confrontata invece con la δ Dra (F8) (Fig. 10) rivela righe in media meno intense.

Riassumendo si può ritenere che effettivamente 16 Cep, 36 Dra, ι Peg, siano di tipo spettrale F5, δ Dra, HD 198084 di tipo F8.

Differenze di classificazione vi sarebbero invece per quel che ri-

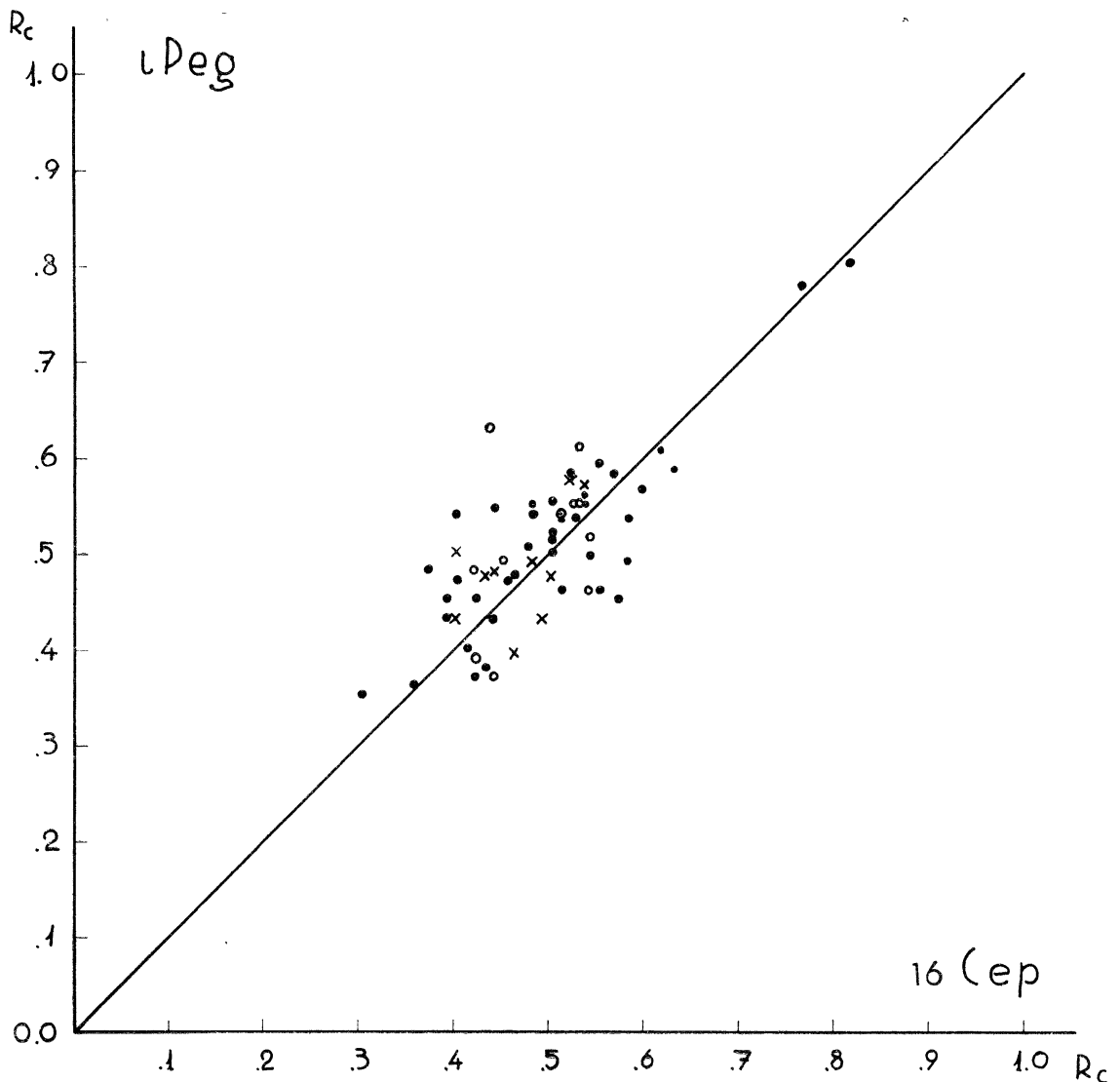


Fig. 9. — Confronto tra le profondità centrali di ι Peg (F5 st) e 16 Cep (F5 st); ● atomi neutri; ○ ionizzati; x blend.

guarda la loro luminosità e precisamente la 16 Cep sembrerebbe leggermente più luminosa della 36 Dra, ι Peg di 16 Cep e forse di 36 Dra, ϑ Dra di HD 198084. ω Dra invece sarebbe di tipo F8 ma leggermente più luminosa di HD 198084.

Visti i precedenti risultati possiamo concludere che mentre nella coppia studiata da Hack (⁵) si potevano notare delle effettive differenze fra la stella st e la stella wk nella regione della banda G, nei gruppi ora esaminati tali differenze rientrano nell'ordine degli errori di misura. Le lievi diversità nell'andamento generale degli spettri, sarebbero da attribuirsi solo a differenze di temperatura o di luminosità.

E' probabile che una differenza si possa trovare nelle coppie che

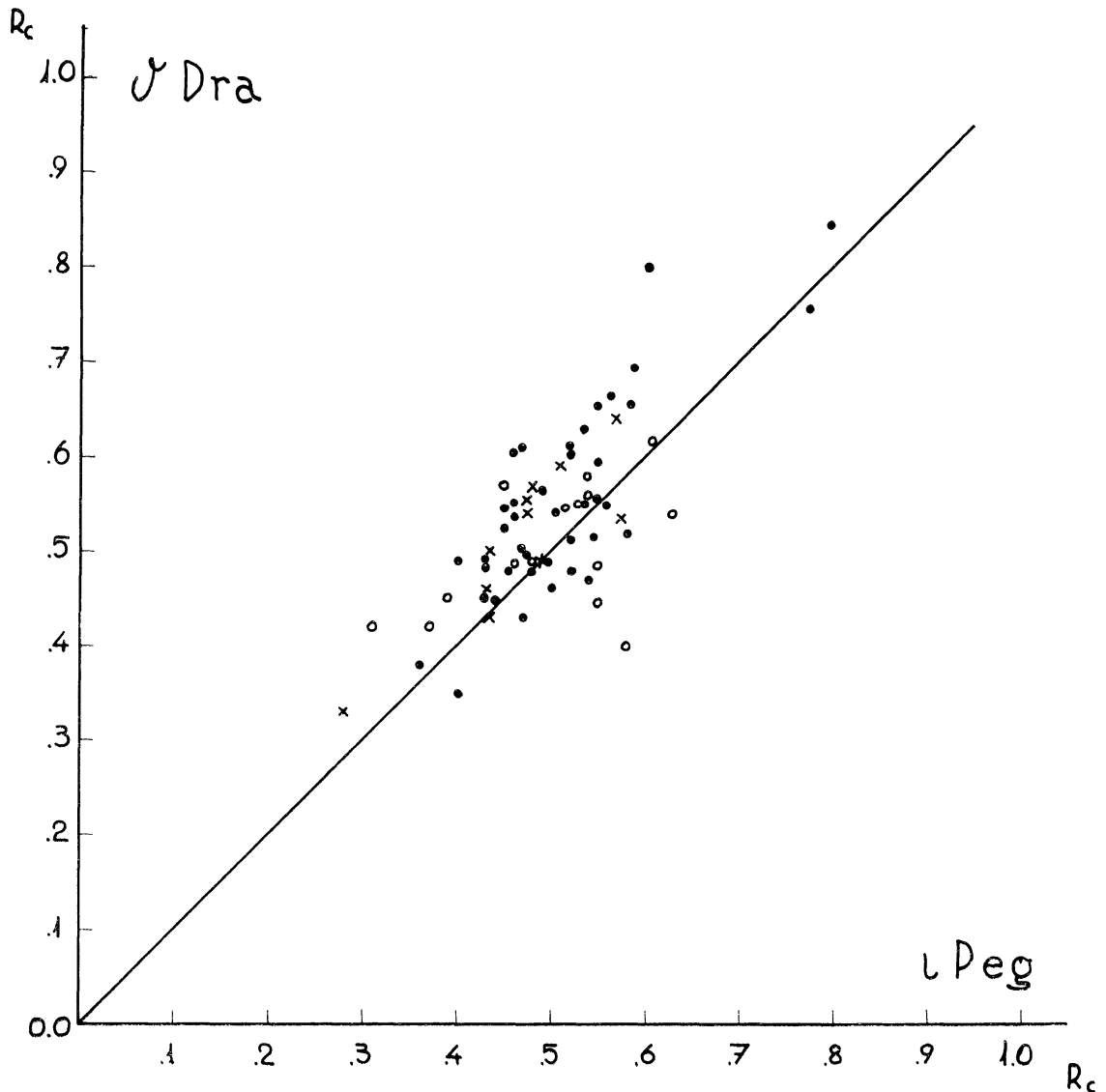


Fig. 10. — Confronto tra le profondità centrali di γ Dra (F8 st) e ι Peg (F5 st); ● atomi neutri; ○ ionizzati; x blend.

a parità di indice B - V presentano un'effettiva diversità fra gli indici di colore U - B.

Sarebbe interessante inoltre, anzichè studiare come nel nostro caso gruppi aventi velocità spaziali piuttosto basse e simili tra loro, prendere in esame stelle con velocità molto differenti; tali stelle sembra abbiano effettivamente delle reali differenze spettrali.

A nostro avviso non sarebbe il caso di distinguere gli oggetti di questa regione spettrale, aventi velocità spaziali non molto alte ($\sim < 80$ km/sec), in stelle a righe forti e stelle a righe deboli, bensì sarebbe necessario rivederne la classificazione in base allo studio quantitativo dei loro spettri.

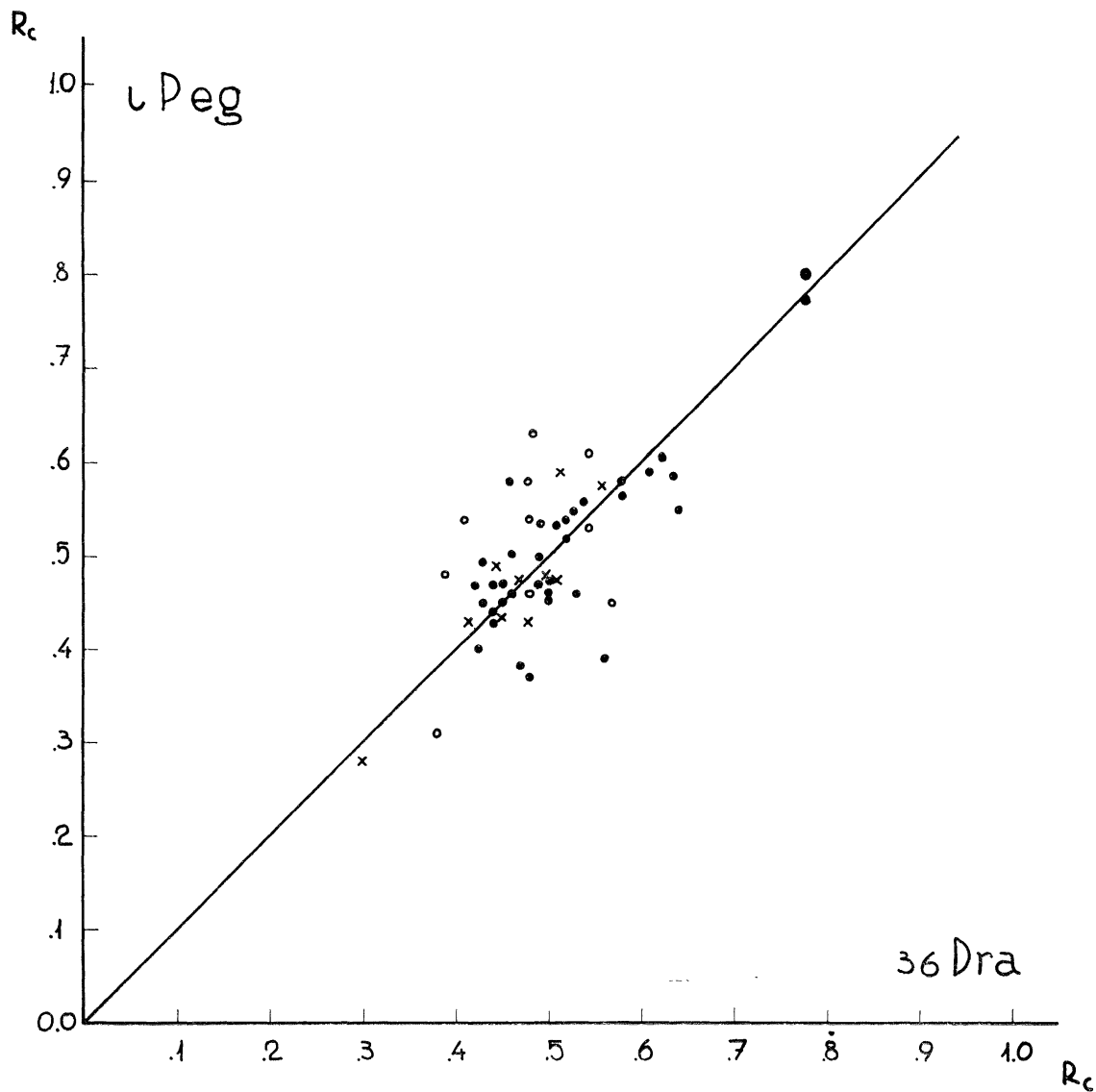


Fig. 11. — Confronto tra le profondità centrali di ι Peg (F5 st) e 36 Dra (F5 wk); ● atomi neutri; ○ ionizzati; x blend.

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio vivamente la Prof. Margherita Hack, che mi ha messo gentilmente a disposizione il materiale di studio e per i preziosi consigli datimi nel corso della ricerca.

Ringrazio pure il calcolatore Sig. Massimo Fracassini per aver collaborato nella riduzione degli spettrogrammi.

BIBLIOGRAFIA

- (¹) Roman N. G. - Ap. J., **112**, 554, 1950.
- (²) Roman N. G. - Ap. J., **116**, 122, 1952.
- (³) Wellmann P. - Z.f. Ap., **36**, 194, 1955.
- (⁴) Wellmann P. - Z.f. Ap., **43**, 1, 1957.
- (⁵) Hack M. - Mem. S.A.I., **28**, 4, 1957; Contr. Milano-Merate N.S. Num. 118, 1957.
- (⁶) Morgan W.W., Keenan P.C., Kellman E. - An atlas of Stellar Spectra. Chicago, 1952.
- (⁷) Schwarzschild M. e B. - Ap. J., **112**, 248, 1950.
- (⁸) Moore C.E. - A multiplet table of astrophysical interest. Contr. Princeton Univ. Oss., N. 20, 1945.