

RICERCHE SULLE STELLE A RIGHE METALLICHE

88 Tau, ω Tau e la stella normale ξ Gem.

Nota di MARGHERITA HACK (*)

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

RIASSUNTO. — Il programma di ricerche sulle stelle a righe metalliche, in corso di svolgimento al riflettore Zeiss dell'Osservatorio di Merate, con lo spettrografo ad un prisma, camera media (dispersione 35 Å/mm ad H_γ) prosegue con lo studio delle due stelle a righe metalliche 88 Tau ed ω Tau e la stella normale ξ Gem, F5 III.

Le curve di crescita indicano che 88 Tau ed ω Tau, a somiglianza delle altre stelle a righe metalliche precedentemente studiate, hanno una forte velocità di turbolenza, ma tutti gli altri risultati dati dalla curva di crescita (pressione elettronica, opacità) indicano valori propri di una stella nana, in accordo con i valori della grandezza assoluta, e della gravità indicata dai profili delle righe di Balmer, mentre le altre stelle a righe metalliche prima studiate mostrano la duplice caratteristica di stelle giganti, indicata dalle righe metalliche, e di nane indicata dalle righe dell'idrogeno.

La concentrazione di atomi di idrogeno entro l'ordine degli errori è la stessa che nel sole.

ABSTRACT. — The program of research concerning the metallic lines stars, developed with the reflector Zeiss of the Merate Observatory, and the one prism slit spectrograph (dispersion 35 Å/mm) is continued with the two metallic lines stars 88 Tau and ω Tau and the normal star F5 III ξ Gem. The curves of growth for 88 Tau and ω Tau indicate a considerable turbulence, larger than that found for the giant star ξ Gem. But the other results given by the curve of growth (electron pressure and opacity) indicate the characteristics of a dwarf star, according with the values of absolute magnitude and with the value of gravity given by the contours of the hydrogen lines. The other metallic lines stars previously studied have instead following characteristics: the metallic lines are those of a giant star; the Balmer lines those of a dwarf star.

The concentration of hydrogen atoms here studied is the same as for the sun.

Si prosegue il programma di ricerche sulle stelle a righe metalliche e su un certo numero di stelle normali di tipo A ed F da impiegare per confronto con le prime ⁽¹⁾, ⁽²⁾, ⁽³⁾. Gli spettrogrammi sono stati presi dalla scrivente al riflettore Zeiss dell'Osservatorio di Merate, con lo spettrografo Zeiss ad un prisma, nella combinazione camera media, che dà una dispersione di 35 Å/mm ad H_γ .

88 Tau e ω Tau sono incluse nella lista di stelle a righe metalliche data da Slettebak ⁽⁴⁾. ξ Gem è invece una stella gigante classificata da Morgan F5 III.

(*) Ricevuta il 6 febbraio 1956.

Nella Tabella I sono dati i tipi spettrali, le grandezze apparenti e le grandezze assolute calcolate in base alle parallassi del catalogo di Schlesinger (⁵). Per ω Tau si conosce solo la parallasse spettroscopica, piuttosto incerta in quanto lo spettro è peculiare appunto per il suo carattere di stella a righe metalliche.

TABELLA I

stella	spettro		p tr.	p sp.	m	M	
ω Tau	A2(Ca II)	F0(H)	F5IV o F0II-III (met.)	—	0".030	4.80	2.20
88 Tau	A3	A8	A7	0".030	0 .027	4.38	1.68
ξ Gem		F5 III		0 .048	0 .059	3.40	2.00

Nella tabella II si dà la lista degli spettrogrammi.

Per le modalità di presa degli spettrogrammi, di calibrazione, e di riduzione al microfotometro si vedano le precedenti note (¹), (²), (³).

I microfotogrammi sono stati in piccola parte eseguiti al microfotometro Moll dell'Osservatorio di Merate, mentre i più sono stati eseguiti al microfotometro tipo Moll dell'Osservatorio di Utrecht, dove la scrivente si è recata con una borsa del C.N.R. Si coglie l'occasione per ringraziare il Direttore dell'Osservatorio, Prof. Minnaert, che ha messo a disposizione lo strumento offrendo anche un'ottima occasione per confrontare il rendimento dei due strumenti di Merate e Utrecht. Tale rendimento è stato trovato essere praticamente lo stesso, naturalmente nelle condizioni di impiego il più possibile uguali.

TABELLA II

stella	data	lastra n.	spettro n.	tempo posa	fenditura	tipo lastre
				m		
88 Tau	9-2-'55	H 55	169	30	40 μ	Kodak 0a-0
»	»	»	170	20	»	
»	»	»	171	20	»	
ω Tau	10-2-'55	H 57	175	60	»	»
»	»	»	176	40	»	
»	»	»	177	30	»	
ξ Gem	13-2-'55	H 58	183	15	»	»
»	»	»	184	10	»	
»	»	»	185	5	»	

Come nei precedenti lavori la misura delle larghezze equivalenti è stata fatta planimetrando i profili per le sole righe dell'H e del Ca II. Per le altre si è misurato la profondità centrale e la semilarghezza $\Delta\lambda$ e si è considerata la riga paragonabile a un triangolo. Per le righe parziali-

mente blend la larghezza equivalente è stata trovata determinando $\Delta\lambda$ dalla relazione $\Delta\lambda = f(R_c)$ ricavata tramite le righe spettrali non disturbate. Malgrado che la velocità di rotazione determinata da Slettebak (⁶) per 88 Tau sia inferiore ai 25 km/sec e per ω Tau e ξ Gem sia rispettivamente di 60 e 75 km/sec, è stato trovato che 88 Tau e ξ Gem hanno una stessa relazione $\Delta\lambda = f(R_c)$ e ω Tau ha invece, a pari R_c un $\Delta\lambda$ maggiore. Tale fatto può essere spiegato con la differenza fra le pressioni elettroniche delle stelle a righe metalliche e di ξ Gem, che come vedremo è molto maggiore nelle prime e tale quindi, nel caso di 88 Tau, da compensare l'allargamento dovuto alla maggior velocità di rotazione di ξ Gem.

Nella tabella III sono riportati i dati che sono serviti alla costruzione della curva di crescita e cioè i $\log A/\lambda$ e i $\log Nf$ solari (⁷).

TABELLA III

λ	Mult.	$\log Nf$	Pot. eccit.	$-\log \frac{A}{\lambda}$			Note
				ω Tau	88 Tau	ξ Gem.	
Mg I							
4702.99	11	4.22	4.33	4.24	4.27	4.16	
4167.28	15	4.22	4.33	4.26	4.44	4.10	bl.
Mg II							
4481.33	4	1.42	8.33	3.84	3.75	3.84	bl.
4481.13		1.22					
Si II							
4130.88	3	—	9.80	—	4.31	—	
Ca I							
4226.73	2	5.30	0.00	3.95	4.07	—	bl.
4454.79	4	3.92	1.88	4.05	4.34	3.87	bl.
4434.96	4	3.53	1.88	—	—	3.97	bl.
4435.69	4	3.02	1.88	4.16	4.34	3.99	bl.
4425.44	4	3.35	1.88	—	—	4.34	
Sc II							
4246.83	7	(3.20)	0.31	4.23	—	4.02	bl.
4374.45	14	2.75	0.60	4.07	4.22	3.87	bl.
4415.56	14	2.75	0.60	—	4.19	4.04	bl.
4384.81	14	1.03	0.60	4.06	4.11	3.75	bl.
4314.08	14	2.88	0.60	3.92	4.15	—	
4320.75	15	—	0.60	4.27	4.33	4.09	bl.
4325.01	15	3.03	0.60	3.95	4.05	3.76	bl.
4279.93	15	[1.70]	0.60	—	—	4.33	bl.

segue *Tabella III.*

λ	Mult.	log Nf	Pot. eccit.	$-\log \frac{A}{\lambda}$			Note
				ω Tau	88 Tau	ξ Gem.	
Ti I							
4008.93	12	(2.20)	0.02	4.35	4.50	4.45	
4512.73	42	2.04	0.83	—	4.16	—	
Ti II							
4395.03	19	3.31	1.08	4.14	4.06	4.06	bl.
4443.80	19	3.13	1.08	4.04	4.11	4.07	bl.
4294.10	20	—	1.08	4.27	4.21	4.29	bl.
4287.89	20	2.15	1.10	4.29	4.35	4.01	
4545.14	30	1.35	—	—	4.46	—	
4501.27	31	3.20	1.13	4.26	4.44	4.33	
3913.46	34	—	1.11	—	4.06	—	
4417.72	40	(2.65)	1.16	—	4.39	4.11	bl.
4300.05	41	—	1.18	3.86	3.93	3.73	
4312.86	41	3.01	1.18	4.43	4.18	4.07	
4563.76	50	3.09	1.22	4.23	4.24	4.29	
4544.02	60	(1.07)	1.24	—	—	—	
4571.97	82	3.28	1.56	4.14	4.25	4.11	
4028.33	87	—	1.88	4.45	4.42	—	
4805.10	92	2.16	2.05	—	4.28	—	
4799.99	92	1.94	2.05	—	—	—	
4163.64	105	(2.60)	2.58	—	4.34	4.39	
4411.08	115	[1.54]	3.08	—	—	—	bl.
Cr I							
4274.80	1	(3.95)	0.00	4.21	4.39	4.38	
4254.35	1	4.14	0.00	4.37	4.14	4.53	
4500.29	150	—	3.07	4.24	4.15	4.35	bl.
4039.10	251	—	3.83	4.60	—	—	
4165.52	305	—	4.43	—	4.74	4.59	
Cr II							
4113.24	18	—	3.09	—	—	—	
4051.97	19	—	3.09	—	—	—	
4179.43	26	(2.20)	3.81	—	4.12	—	
4812.36	30	1.10	3.85	—	—	4.50	
4848.24	30	—	3.85	—	4.32	—	
4864.32	30	—	3.84	—	4.22	—	
4876.41	30	—	3.84	—	—	—	
4242.38	31	—	3.85	4.28	4.27	4.16	bl.
4252.63	31	(0.98)	3.84	—	—	4.24	
4261.92	31	(1.60)	3.85	4.29	4.33	4.43	
4269.28	31	(1.07)	3.84	4.56	4.56	4.29	
4284.21	31	—	3.84	4.63	4.43	—	
4558.66	44	2.17	4.06	4.27	4.16	4.44	
4145.77	162	—	5.30	4.44	4.62	4.32	
4038.03	194	—	6.46	4.66	—	—	

segue Tabella III.

λ	Mult.	log Nf	Pot. eccit.	— log $\frac{A}{\lambda}$			Note
				ω Tau	88 Tau	ξ Gem.	
Mn I							
4030.75	2	—	0.00	3.91	4.18	4.16	
4033.07	2	—	0.00		4.30	—	bl.
4034.49	2	—	0.00	4.17	4.53	—	
4035.73	5	—	2.13	4.60	4.45	—	
4041.36	5	3.30	2.11	4.17	4.49	4.35	bl.
4235.29	23	2.11	2.91	—	4.55	4.24	bl.
4235.14	23		2.88	—			
Fe I							
4427.31	2	3.47	0.05	—	4.57	4.34	
3920.26	4	[4.05]	0.12	—	4.28	—	
3922.91	4	[4.45]	0.05	—	4.29	—	
3927.92	4	—	0.11	—	4.25	—	
3930.30	4	[4.55]	0.09	—	4.27	—	
4177.60	18	—	0.91	—	4.11	—	bl.
4152.17	18	(2.75)	0.95	—	4.55	—	
4172.75	19	(2.70)	0.95	3.95	—	—	
4531.16	39	3.24	1.48	4.15	—	.429	bl.
4383.55	41	5.21	1.48	4.01	4.05	3.63	bl.
4404.75	41	4.90	1.55	4.34	4.22	4.06	
4415.12	41	4.35	1.60	—	4.19	3.97	bl.
4294.13	41	—	1.48	4.27	4.23	4.29	bl.
4325.76	42	4.81	1.60	4.15	4.06	3.91	
4202.03	42	—	1.48	4.08	4.20	3.99	
4250.79	42	4.27	1.55	4.14	4.05	4.17	bl.
4147.67	42	2.82	1.48	4.60	4.62	4.34	
4045.81	43	5.26	1.48	3.82	3.87	3.74	
4063.60	43	5.00	1.55	3.93	4.06	3.88	
4071.74	43	4.86	1.60	4.12	4.11	3.98	
4143.87	43	4.55	1.55	4.05	4.10	3.97	
4005.25	43	(4.30)	1.55	3.77	4.08	3.86	
4132.06	43	4.37	1.60	4.07	4.20	3.96	
4528.62	68	(4.50)	2.17	4.13	4.15	4.09	
4494.57	68	3.53	2.19	—	—	4.24	
4459.12	68	3.25	2.17	—	4.34	4.00	
4447.72	68	3.37	2.21	—	4.58	4.24	
4482.26	68	2.96	2.21	3.95	—	3.94	
4408.42	68	3.03	2.19	4.32	4.54	4.16	
4407.71	68	2.89	2.17	4.36	4.34	4.07	
4282.41	71	3.35	2.17	4.40	4.24	4.29	
3949.95	72	—	2.17	—	4.52	—	
4009.71	72	(3.00)	2.21	4.56	4.45	4.20	
4001.67	72	(2.75)	2.17	—	4.71	—	
4630.13	115	2.21	2.27	4.12	—	4.46	bl.
4260.48	152	4.72	2.39	4.11	4.13	3.99	
4235.94	152	4.31	2.41	4.22	4.22	4.10	bl.
4250.12	152	4.09	2.46	4.14	4.07	4.07	bl.
4198.31	152	(3.90)	2.39	3.98	4.12	3.89	bl.

segue Tabella III.

λ	Mult.	log Nf	Pot. eccit.	ω Tau	88 Tau	ξ Gem.	Note
<i>segue Fe I</i>							
4187.80	152	4.16	2.41	4.04	4.22	4.12	
4187.04	152	3.96	2.44	4.10	4.22	3.98	bl.
4299.25	152	3.68	2.41	3.94	4.03	3.84	bl.
4210.35	152	3.57	2.47	—	4.55	4.42	
4191.44	152	4.15	2.46	4.30	4.55	4.12	
4222.22	152	3.14	2.44	4.55	4.55	4.42	
4055.05	218	—	2.55	—	4.33	3.77	bl.
4049.34	218	(1.90)	2.58	4.54	4.46	4.13	bl.
4010.77	219	(1.35)	2.80	—	—	4.35	
4266.97	273	(2.40)	2.72	—	4.80	—	
4184.22	274	—	2.72	—	—	4.10	
3983.96	277	(3.00)	2.72	—	4.60	—	
4021.87	278	—	2.75	4.28	4.60	4.50	
4891.50	318	4.12	2.84	—	4.23	—	
4890.76		3.66	2.85	—		—	
4872.14	318	3.56	2.85	—	4.21	—	
4871.32		3.76	2.85	—		—	
4878.22	318	—	2.85	—	4.26	—	
4476.02	350	3.24	2.82	4.29	4.35	4.26	
4245.27	352	(2.95)	2.82	4.38	4.63	4.23	
4181.76	354	(3.42)	2.82	4.20	4.26	4.14	
4156.80	354	(3.10)	2.82	4.05	4.39	3.99	bl.
4107.49	354	—	2.82	—	—	—	
4184.89	355	(2.95)	2.82	—	4.37	4.10	bl.
4203.99	355	—	2.82	4.12	4.68	4.26	
4213.65	355	(2.75)	2.82	4.59	4.80	4.59	bl.
4114.45	357	(2.60)	2.82	—	—	—	
4000.47	426	—	—	—	4.78	—	
4387.90	476	(2.40)	3.00	—	—	4.00	bl.
4267.83	482	(2.85)	3.00	4.75	4.54	—	
4199.10	521	(3.65)	3.03	4.02	4.19	3.98	bl.
4143.42	523	(2.95)	3.03	4.04	4.10	4.04	bl.
4017.16	527	—	3.03	4.17	4.50	4.20	
4736.78	554	3.27	3.20	—	4.22	—	
4668.14	554	2.77	3.20	—	—	3.87	
4073.76	558	—	3.25	—	4.66	—	
4018.28	560	—	3.25	4.18	4.60	4.08	
4285.44	597	—	3.22	—	4.56	4.56	
4040.65	655	—	3.25	4.17	4.50	4.18	bl.
3986.18	655	(2.50)	3.25	4.50	4.45	—	
3985.39	662	(2.40)	3.25	4.45	—	—	
4238.02	689	(2.85)	3.40	—	4.24	4.25	
	e						
4208.61	696	—	3.38	—	4.28	—	
	e						
4264.21	692	—	3.35	—	4.87	—	
4227.43	693	(3.42)	3.32	3.98	4.14	—	bl.

segue Tabella III.

λ	Mult	log Nf	Pot eccit.	ω Tau	$-\log \frac{A}{\lambda}$		Note
					88 Tau	ξ Gem.	
<i>segue Fe I</i>							
4247.43	693	(3.10)	3.32	4.12	—	4.12	bl.
4238.82	693	(3.00)	3.38	4.03	4.24	4.10	bl.
4217.55	693	2.95	3.42	4.44	4.26	—	
4157.79	695	(3.10)	3.40	—	4.55	4.14	
4208.61	696	—	3.38	—	4.28	—	
	e	—	3.38	—	4.28	—	
4238.02	689	—	3.38	—	4.28	—	
	e	2.85	3.40	4.09	4.23	4.24	
4133.87	698	2.90	3.35	4.26	4.62	—	
4137.00	726	(2.85)	3.40	4.30	4.62	4.32	
4003.76	728	—	3.40	—	—	—	
4219.36	800	(3.25)	3.56	—	4.42	4.39	
4118.55	801	—	3.56	4.14	4.46	4.02	
4014.53	802	—	3.56	4.32	4.60	4.17	
4678.85	821	2.70	3.50	4.27	4.52	4.33	
4669.17	821	(2.05)	3.64	—	—	—	
4525.14	826	—	3.59	—	4.29	4.37	
4611.28	826	—	3.64	—	—	4.51	
4388.41	830	(2.60)	3.59	—	—	3.99	bl.
4243.37	906	—	3.62	—	4.40	4.24	
4265.26	993	—	3.62	—	4.40	4.24	
	e	1.85	3.92	4.86	4.72	—	
994	—	—	—	—	—	—	
<i>Fe II</i>							
3914.48	3	—	1.66	—	4.25	—	
3938.29	3	—	1.66	—	—	—	
4580.05	26	—	2.57	4.33	4.10	4.22	
4173.45	27	—	2.57	3.95	—	—	bl.
4273.32	27	—	2.77	—	4.38	3.89	
4351.76	27	—	2.57	4.03	3.98	3.85	
4385.38	27	—	2.50	4.07	4.09	3.84	
4416.82	27	2.32	2.77	—	4.11	4.11	
4258.15	28	—	2.69	4.43	4.24	4.43	
4296.57	28	2.26	2.69	4.23	4.25	4.27	
4002.07	29	(1.10)	2.77	—	5.00	—	
4278.13	32	(0.65)	2.68	4.81	—	4.55	
4384.33	32	[1.35]	2.65	4.02	4.06	—	bl.
4472.92	37	1.55	2.83	4.54	—	4.29	
4489.18	37	1.98	2.82	4.31	4.17	4.03	
4491.40	37	2.10	2.84	—	4.42	4.14	
4515.34	37	2.35	2.83	4.14	4.18	4.29	
4520.22	37	2.37	2.79	—	4.27	4.47	
4555.89	37	2.43	2.82	3.97	4.13	4.03	
4582.33	37	1.57	2.83	4.13	4.11	4.14	

segue *Tabella III.*

λ	Mult.	log Nf	Pot. eccit.	ω Tau	88 Tau	ξ Gem.	Note
					— log $\frac{A}{\lambda}$		
4629.34	37	2.64	2.79	4.13	—	4.47	
4508.28	38	2.52	2.84	4.27	4.24	4.24	
4522.63	38	2.86	2.83	—	4.04	4.44	
4541.52	38	1.90	2.84	4.01	4.25	4.31	
4576.33	38	1.83	2.83	4.51	—	4.66	
4583.83	38	2.84	2.80	4.08	4.11	4.06	bl.
4138.40	39	[0.90]	2.82	—	4.74	4.62	
4656.97	43	—	2.88	4.27	4.46	4.41	
4663.70	44	0.95	2.88	4.44	4.56	—	
4012.47	126	—	4.46	4.15	4.30	4.40	
4032.95	126	—	4.48	—	—	—	
4015.20	142	—	4.60	4.35	4.49	4.26	
4031.46	151	—	4.71	—	3.98	—	
4048.83	172	—	5.54	4.53	4.30	4.35	
3960.89	212	—	7.24	—	—	—	
Zn I							
4722.16	2	1.93	4.01	4.52	4.59	—	
4680.14	2	—	3.99	4.42	4.49	4.32	
Sr II							
4077.71	1	4.17	0.00	3.76	3.93	3.80	
4215.52	1	4.06	0.00	4.09	4.00	4.00	bl.
Y II							
4235.74	5	—	0.13	4.22	4.20	4.10	bl.
4682.32	12	(1.30)	0.41	—	—	—	
4374.94	13	—	0.41	4.07	4.16	3.93	bl.
4177.54	14	(2.60)	0.41	—	4.03	—	
Zr II							
4211.88	15	(1.10)	0.52	—	4.62	4.44	
Ba II							
4554.03	1	3.62	0.00	3.98	4.04	4.14	
Ce II							
4684.60	228	[0.95]	0.90	—	—	—	
Eu II							
4205.05	1	(1.30)	0.00	4.22	4.42	4.22	

LE CURVE DI CRESCENZA.

Nella fig. 1 sono riportate le curve di crescita. Col solito procedimento le traslazioni verticali da dare alla curva osservata per portarla sulla teorica permettono di determinare il valore della velocità di turbolenza.

Si ritrova ancora una volta un risultato comune alle altre stelle a righe metalliche: la velocità di turbolenza è eccezionalmente alta per stelle della sequenza principale, quali sono 88 Tau e ω Tau, ed anche maggiore della velocità di turbolenza della gigante ξ Gem.

La costante di smorzamento è dello stesso ordine per le tre stelle, un po' maggiore per le due metalliche, sebbene per 88 Tau sia molto incerta. I risultati sono riportati nella tabella IV.

Le righe del Fe I ch \grave{e} permettono di costruire pi \grave{u} rami della curva di crescita, relativi a potenziali di eccitazione del livello inferiore compresi fra 0,10 e 3,4 eV, sono le sole che permettono la determinazione della temperatura di eccitazione. Per 88 Tau si hanno sei gruppi di potenziali: 0,10; 1,5; 2,2; 2,45; 3,0; 3,4. Per ω Tau, cinque gruppi, mancando quello relativo a 0,10 eV; e per ξ Gem quattro soltanto, perch \acute{e} il maggior numero di blends a causa del tipo pi \grave{u} avanzato non permette di disporre di abbastanza dati relativi ai gruppi di potenziale 0,10 e 3,0 eV.

Si ha il sistema di equazioni

TABELLA IV

	ω Tau	88 Tau	ξ Gem
ξ_T (km/sec)	6.8	7.1	4.3
γ (sec $^{-1}$)	10.10 8	10.5.10 8	6.3.10 8
$\vartheta_* - \vartheta_{\odot}$	— 0.31	— 0.18	0.01
ϑ_* (*)	0.72	0.85	1.04
$\log \frac{N_0 h_*}{N_0 h_{\odot}}$ (Fe I)	— 1.95	— 1.75	— 0.55
$\log \frac{P_e *}{P_e \odot}$	1.22	0.19	— 1.17
$\log P_e *$ (*)	2.73	1.70	0.34
$\log \frac{k_*}{k_{\odot}}$	0.50	0.26	— 1.03

(*) $\vartheta_{\odot} = 1.03 \log P_e \odot = 1.51$ (Wright-Dom. Astr. Obs. VIII-1).

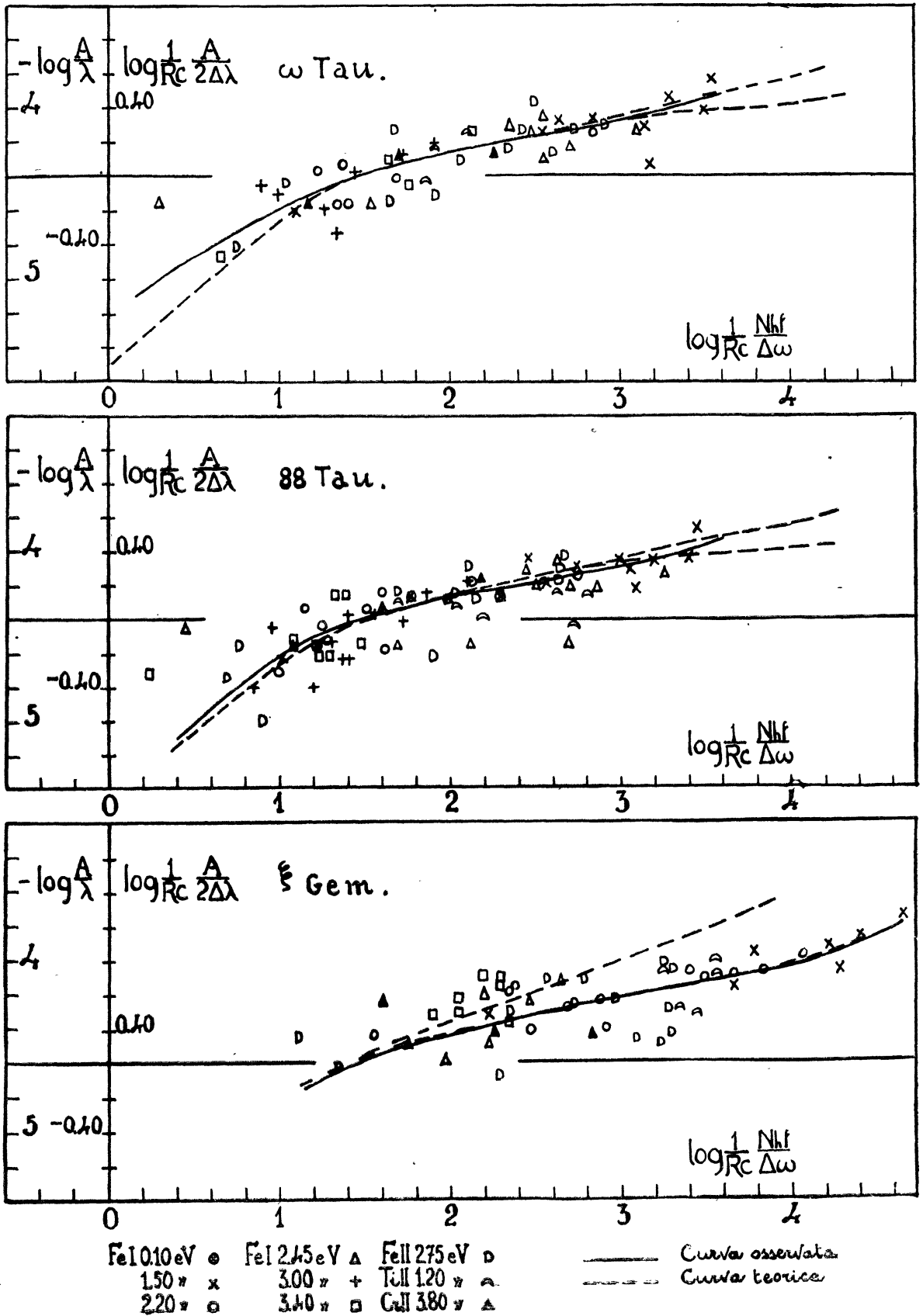


Fig. 1

TABELLA V

elemento	$\log \frac{N_r h_*}{N_r h_\odot}$		
	ω Tau	88 Tau	ξ Gem
Mg I	(- 3.29)	(- 3.24)	(- 0.62)
Sc II	(- 0.65)	—	(1.08)
Ti II	- 1.06	- 0.72	0.54
Cr I	- 1.91	- 1.52	- 1.88
Cr II	- 0.58	- 0.18	1.00
Fe I	- 1.95	- 1.75	- 0.56
Fe II	- 0.41	- 0.32	0.46
Sr II	- 0.08	- 0.04	0.76
Zr II	—	—	1.40
Eu II	(1.60)	(0.90)	(2.00)

$$\Delta_* - \Delta_\odot = \chi_{0,s} (\vartheta_* - \vartheta_\odot) + \log \frac{N_0 h_*}{N_0 h_\odot} - \log \frac{R_c *}{R_c \odot} - \log \frac{V_*}{V_\odot}$$

dove Δ rappresenta al solito la traslazione orizzontale da dare alla curva osservata per riportarla sulla curva teorica, $\chi_{0,s}$ è il potenziale di eccitazione dei vari gruppi di righe del Fe I, R_c la profondità centrale vera (cioè non affetta da distorsione strumentale; essa è data dalla profondità centrale delle righe più intense, di Balmer e del Ca II, praticamente poco o punto disturbate dall'effetto strumentale), v la velocità termica e di turbolenza, $N_0 H$ il numero di atomi del Fe I contenuti in una colonna di altezza h eguale all'altezza efficace dell'atmosfera, e base 1 cm^2 , e $\theta = \frac{5040}{T}$, con T temperatura di eccitazione. Gli indici * e \odot si riferiscono rispettivamente alla stella e al Sole. Nella tabella IV sono dati i risultati, e cioè $\vartheta_* - \vartheta_\odot$ e $\log \frac{N_0 h_*}{N_0 h_\odot}$.

Il risultato trovato per ϑ indica che 88 Tau, e in particolare ω Tau, hanno un tipo spettrale ricavato dalle righe metalliche notevolmente meno avanzato di ξ Gem, e anche di tutte le altre stelle a righe metalliche studiate precedentemente, per le quali θ era sempre dell'ordine di 0,90 - 1,00.

Anche i dati di Slettebak concordano per quanto riguarda 88 Tau; ad ω Tau invece viene attribuito un tipo F5 IV o F0 II-III, il che è invece in contrasto con i valori della temperatura di eccitazione.

D'altra parte i valori delle larghezze equivalenti delle righe della serie di Balmer concordano invece ad attribuire ad ω Tau, un tipo un po' meno avanzato che ad 88 Tau, il che prova ancora una volta come le temperature di eccitazione abbiano poca relazione con la temperatura media

degli strati atmosferici più profondi in cui si formano le righe dell'idrogeno.

In tabella V sono riportate le abbondanze relative degli elementi rispetto al Sole. Il confronto dei valori per ω Tau, 88 Tau, e ξ Gem, indica due fatti importanti: il valore dell'opacità e l'eventuale esistenza di elementi che mostrino una abbondanza anomala rispetto al Sole. Poichè gli elementi il cui primo potenziale di ionizzazione è intorno ai 6-7 eV, sono praticamente tutti nello stato di prima ionizzazione, tanto nella stella che nel Sole, malgrado la differenza di temperatura fra stelle a righe metalliche e il Sole, il rapporto degli atomi una volta ionizzati di tali elementi indica anche il rapporto del numero totale di atomi presenti in una colonna di altezza eguale all'altezza dell'atmosfera della stella e del Sole rispettivamente, ed è quindi direttamente proporzionale all'altezza e inversamente alle opacità. Si ricorda che per le stelle a righe metalliche precedentemente studiate alcuni elementi fra cui Ti, Sc, Zr, mostrano una deficienza di abbondanza; perciò per valutare l'opacità di ω Tau e di 88 Tau prendiamo in conto solo i due valori relativi al Fe II e al Cr II. L'opacità risulta per tutte e due le stelle maggiore che nel Sole, fatto questo in contrasto con quanto trovato per tutte le altre stelle a righe metalliche finora studiate, e spiegabile solo in parte con la più alta temperatura d'eccitazione degli strati in cui le righe metalliche si formano, nel caso di queste due stelle. Inoltre solo nel caso di ω Tau è evidente una deficienza di Ti. Questa è molto minore e forse inesistente in 88 Tau. Niente di sicuro si può dire riguardo allo Sc e Zr per cui le determinazioni d'abbondanza sono state fatte in base ad una sola riga disturbata da blend.

Per ξ Gem l'opacità è 10 volte minore che per il Sole e ne spiega il carattere di gigante.

Per l'Eu si riscontra una sovrabbondanza rispetto al Sole; molto incerta però perchè l'unica riga misurabile è la 4205, parzialmente blend.

La pressione elettronica è stata determinata applicando la legge di Saha ai valori trovati per le abbondanze relative del Fe I e Fe II, unico elemento per cui la determinazione è sicura per tutti e due gli stati di ionizzazione. Nella relazione

$$\log \frac{P_e^*}{P_e^\odot} = - \log \frac{N_r + 1^h^*}{N_r + 1^h^\odot} + \log \frac{N_r h^*}{N_r h^\odot} + 2.5 \log \frac{T_*}{T_\odot} - \chi_r (\vartheta_* - \vartheta_\odot)$$

si introducono le temperature di eccitazione in luogo di quelle di ionizzazione, incognite. L'errore che si compie è ridotto dal fatto che entrano nella formula solo valori relativi al Sole, per cui pure si assume la temperatura di eccitazione, in modo che i due errori si compensano.

Nella tabella IV sono riportati i risultati.

A conferma di quanto indicano le opacità anche le pressioni elettroniche danno per ω Tau e 88 Tau dei valori 100 e 10 volte maggiori rispettivamente di quelli trovati per le altre stelle a righe metalliche.

Confrontando i valori della pressione elettronica e dell'opacità trovati per le diverse stelle a righe metalliche fin'ora studiate coi valori di k e P_e calcolati per modelli d'atmosfera ⁽⁸⁾ di temperatura superficiale eguale a quella delle temperature d'eccitazione, e relativi alla profondità ottica $\tau = 0.3$ a cui presumibilmente si formano le righe dei metalli si trova che l'accordo fra osservazione e calcolo si ha prendendo per l'altro

TABELLA VI

stella	k	$\log P_e$	\bar{k}	$\log P_e$		β_0
	osservati		calcolati per il modello: $\log g$			
ζ Lyr A	0.04	0.69	0.06	0.55	2.5	0.93
ξ Cep	0.04	0.41	0.04	0.36	2.5	0.98
θ Cep	0.035	0.54	0.04	0.36	2	0.93
τ UMa	0.023	0.00	0.025	0.20	1.2	0.91
88 Tau	0.52	1.70	0.51	1.62	4.5	0.85
ω Tau	0.91	2.73	1.6	2.20	4.5	0.72

TABELLA VII

riga	ω Tau		88 Tau		ξ Gem	
	A	R_c	A	R_c	A	R_c
H4	12.9	0.70	16.2	0.80	8.3	0.70
H5	14.6	0.80	20.0	0.90	9.3	0.84
H6	15.0	0.85	19.5	0.90	8.4	0.82
H7 + H	16.7	0.88	17.2	0.88	13.5	0.82
H8	10.5	0.75	15.5	0.85	—	—
K	3.85	0.88	4.2	0.88	7.85	0.80

parametro del modello, $\log g$, valori caratteristici di stelle supergiganti per ξ Cep, θ Cep, ζ Lyr A e τ U Ma, mentre per 88 Tau e ω Tau si richiedono valori della gravità 100 volte più grandi (tabella VI).

Perciò una delle peculiarità che distingueva le stelle a righe metalliche fin'ora studiate, dalle altre e cioè la caratteristica di stelle supergiganti o giganti, indicata dalle righe metalliche, in contrasto con le indicazioni di stella nana date dallo spettro dell'idrogeno e dal valore della grandezza assoluta, viene a mancare nel caso di 88 Tau e di ω Tau. Per queste ultime resta l'anormalmente alta velocità di turbolenza, la defi-

cienza di Ca e di Ti; ma le temperature di eccitazione sono notevolmente più vicine a quelle fornite dalle righe dell'idrogeno, e l'opacità e la pressione elettronica medie hanno i valori caratteristici d'una stella nana di temperatura superficiale circa dello stesso ordine di grandezza di quelle della temperatura di eccitazione, alla profondità ottica $\tau = 0.3$.

I PROFILI DELLE RIGHE DELL'H E DEL CA II.

Nella tabella VII sono riportate le larghezze equivalenti e le profondità centrali delle righe della serie di Balmer, del blend H + H7 e della K del Ca II.

I profili di queste righe sono dati in fig. 2, 3 e 4.

Il confronto dei profili di H_{β} , H_{γ} , H_{δ} osservati con quelli calcolati da Verweij (⁹) è indicativo dei valori della temperatura degli strati in cui si formano le righe dell'idrogeno, e del valore della gravità. Sebbene le tre righe non si adattino esattamente tutte e tre agli stessi parametri (il che può dipendere in parte dalle incertezze dei profili osservati ed in parte dal fatto che i profili di Verweij sono calcolati per un'atmosfera a temperatura costante) i valori più probabili dei parametri relativi alle tre stelle sono :

ξ Gem	$\theta = 0.7$	$\log g = 3$
88 Tau	$\theta = 0.6$	$\log g = 4,4$
ω Tau	$\theta = 0.6$	$\log g = 4$

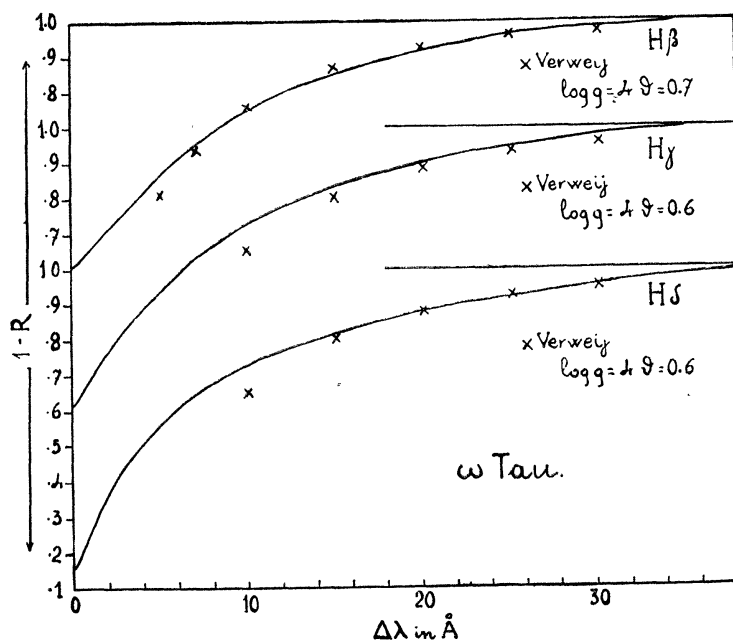
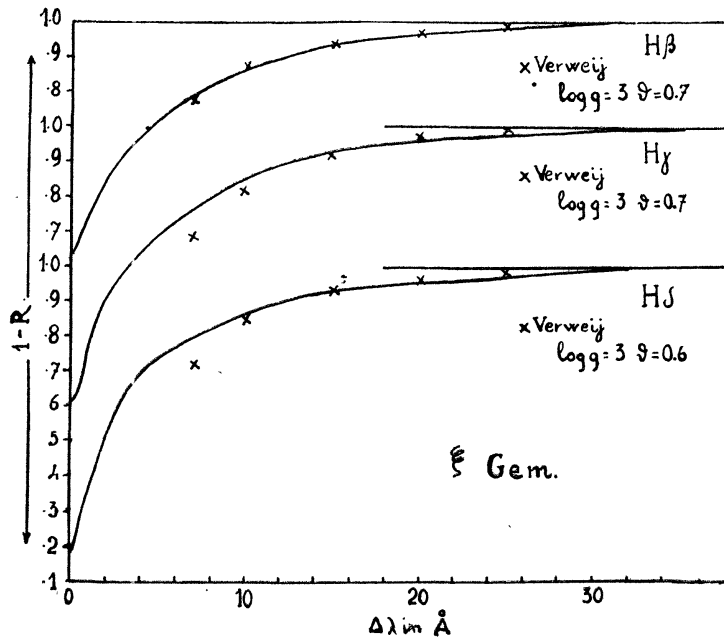
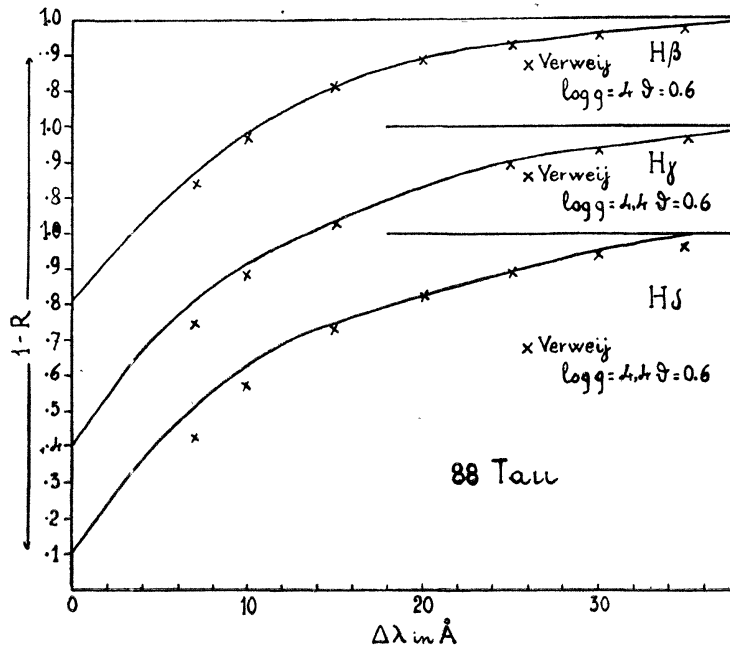


Fig. 2a



La stima dell'abbondanza di atomi di idrogeno presenti nelle stelle e nel Sole è fatta impiegando il solito procedimento descritto nelle precedenti note (³ (¹⁰) confrontando le ali dell'idrogeno nella stella e nel Sole (¹¹).

TABELLA VIII

	ω Tau	88 Tau	ξ Gem
$\log \frac{\Delta \lambda_*}{\Delta \lambda_{\odot}}$	0.70	0.76	0.50
$\log \frac{N_{02*}}{N_{02\odot}}$	1.08	2.10	1.46
$\log \frac{N_*}{N_{\odot}}$	0.13	0.18	0.31
θ	0.7	0.6	0.6

I risultati sono dati nella tabella VIII e cioè i valori di $\log \frac{\Delta \lambda_*}{\Delta \lambda_{\odot}}$ dove $\Delta \lambda_*$ e $\Delta \lambda_{\odot}$ rappresentano le posizioni nell'ala della riga stellare e solare per cui si ha lo stesso assorbimento; i valori di $\log \frac{N_{02*}}{N_{02\odot}}$ e infine i valori di $\log \frac{N_*}{N_{\odot}}$, con N_* e N_{\odot} rispettivamente numero di atomi di H per cm^3 contenuti nell'atmosfera della stella e del Sole. θ indica la tem-

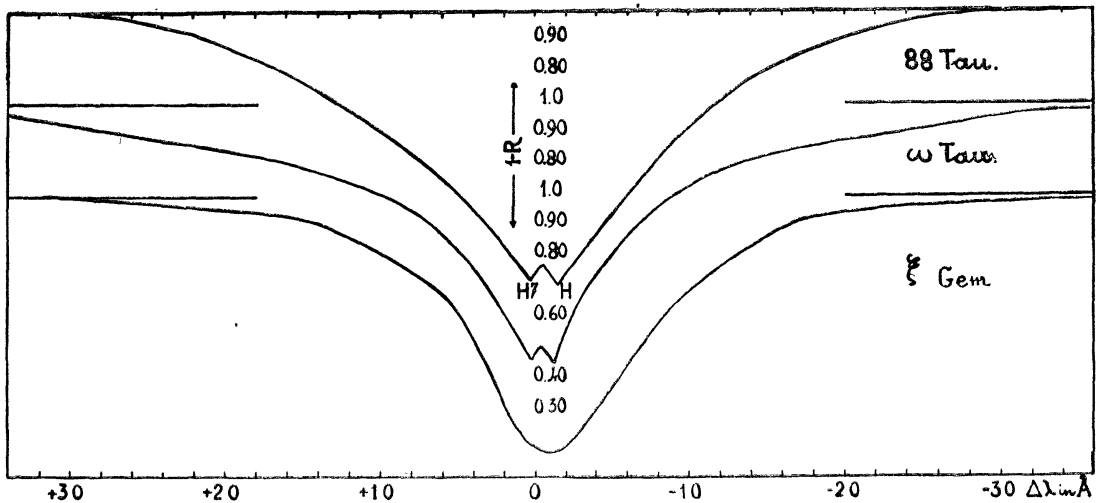


Fig. 3

peratura che va introdotta nella formula di Boltzmann-Saha per passare da N_{02} ad N perchè il rapporto $\frac{N_*}{N_{\odot}}$ si avvicini il più possibile all'unità, come è presumibile. Si vede che questo valore di θ coincide abbastanza bene col valore dato dalle righe dell'idrogeno: 0.6 per 88 Tau, come indicato da tutte e tre le righe; 0,7 per ω Tau per cui H_{β} forniva appunto il

valore 0.7 e H_γ e H_δ invece $\theta = 0.6$; per ξ Gem $\theta = 0.6$ mentre le righe dell'idrogeno indicavano $\theta = 0.7$ (H_β e H_γ) e $\theta = 0.6$ (H_δ).

Per θ_\odot è stato pure preso il valore 0.80⁽¹²⁾ fornito dalle ali delle righe della serie di Balmer.

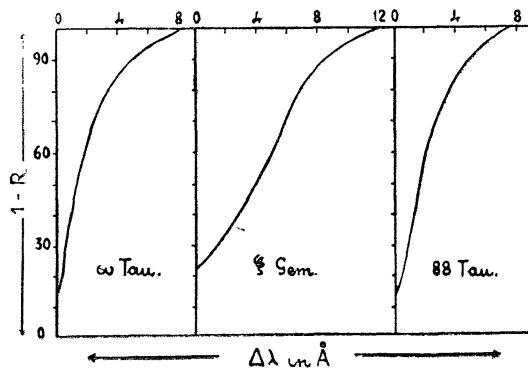


Fig. 4

Anche in questo caso il comportamento di ω Tau e di 88 Tau è meno anomalo di quello delle altre stelle a righe metalliche già studiate⁽³⁾, per le quali era stato riscontrato un apparente eccesso nell'abbondanza dell'idrogeno rispetto al sole, attribuito a differenze nel modello di atmosfera. Niente di simile si riscontra per 88 Tau ed ω Tau.

CONCLUSIONE

I risultati di quest'ultima ricerca indicano come sia interessante estendere lo studio delle stelle a righe metalliche al più gran numero possibile di oggetti per mettere in evidenza nel modo più completo quali siano i caratteri comuni a tutte e quali invece siano presenti solo in alcune di esse. Solo quando un quadro abbastanza completo delle differenti possibilità offerte dalle varie caratteristiche di queste stelle, sia disponibile, si potrà tentare di dare una interpretazione delle osservazioni.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Hack - Contr. Oss. Milano-Merate n. 60 1955.
- (2) Hack - Contr. Oss. Milano-Merate n. 65 1955.
- (3) Hack - Contr. Oss. Milano-Merate n. 74 e Mem. S.A.I. 26 1955.
- (4) Slettebak - Ap. J. 109 547 1949.
- (5) Schlesinger - General catalogue of stellar parallaxes, Yale Un. Obs. 1935.
- (6) Slettebak - Ap. J. 121 653 1955.
- (7) Allen - Mem. Comm. Obs. Canberra n. 5 1934 e n. 6 1938.
- (8) Hack - in corso di stampa.
- (9) Verweij - Publ. astr. Inst. Amsterdam n. 5 1936.
- (10) Greenstein - Ap. J. 107 151 1948.
- (11) De Jager - Rech. Astr. de l'Obs. de Utrecht - XIII, 1 1952.
- (12) Walraven - Publ. astr. Inst. Amsterdam n. 8 1948.

