

# LO SPETTRO DELLA NOVA T CORONAE BOREALIS NELL'ESPLOSIONE DEL FEBBRAIO 1946.

Nota di L. GRATTON ed E. C. KRÜGER (\*)

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

**RIASSUNTO** — Dopo un rapido esame delle caratteristiche spettrali della Nova *T Cr B* prima dell'esplosione del 1946, vengono studiati gli spettri ottenuti a Merate nel 1946. Vengono identificate le righe degli spettri del Febbraio e si analizzano le righe dei singoli elementi ed in particolare le righe coronali, nonché le velocità radiali ricavate dalle righe di assorbimento. Dagli spettri presi con il prisma obbiettivo si ricava la temperatura di gradiente della Nova immediatamente dopo l'esplosione in circa  $9.000^{\circ}$  K.

Nei paragrafi 6 e segg., si determinano i profili delle righe di emissione dell'idrogeno nei giorni 12, 13, 15, 19 Febbraio e dalle intensità delle righe dell'idrogeno si ricava il numero di atomi di idrogeno nei vari livelli quantici e la massa di idrogeno contenuta nell'involuppo espulso.

Durante il secondo massimo nel mese di Giugno furono ottenuti alcuni spettri in cui è notevole la diminuzione dell'intensità delle righe di emissione rispetto a quella del continuo, relativamente agli spettri del Febbraio. La discussione successiva dei dati sperimentali dimostra che è possibile considerare i fenomeni presentati dalla Nova nell'esplosione del 1946 nello schema generale oggi comunemente ammesso nello sviluppo di una Nova.

I fenomeni descritti si possono interpretare col seguente modello per la Nova *T Cr B*:

- a) una stella nuova che nel febbraio 1946 subì una esplosione tipica, con un massimo al febbraio 8.5;
- b) una gigante di tipo spettrale *M*;
- c) una nebulosa che circonda ambedue le stelle e del diametro apparente dell'ordine di alcuni secondi.

Lo spettro della nebulosa compare in ritardo rispetto al massimo della curva di luce; questo ritardo può essere interpretato come il tempo impiegato dalla luce a percorrere la distanza tra la stella e la nebulosa. Il massimo secondario, che si inizia intorno al mese di Giugno, può essere attribuito all'incontro tra la nebulosa esterna con l'involuppo emesso dalla Nova nell'esplosione attuale.

Per terminare, si sottolinea l'eccezionale importanza di questa esplosione della *T Cr B*, in relazione al problema generale delle Nove e delle variabili cicliche tipo *SS Cygni*.

**ABSTRACT** — After a short examination of the spectral features of Nova *T Cr B* before its 1946 outburst, the spectra obtained at Merate during 1946 are studied. The lines in the spectra of February are identified: the lines of the elements are analysed, especially the coronal lines, and the radial velocities from the absorption lines. From the spectra taken with the objective prism, we obtain a gradient temperature of the Nova immediately after the explosion of about  $9.000^{\circ}$  K.

In section 6, we determine the profile of the hydrogen emission lines in the days of February 12; 13; 15; 19 and from the intensities of the hydrogen lines we obtain the number of *H* atoms in each quantic state and the *H* mass contained in the ejected shell.

(\*) Pervenuta il 26 Maggio 1949.

During the second maximum in June, we obtained some spectra, in which the decreasing of the emission lines, in comparison with the continuous, is considerable, in respect to the spectra taken in February.

The discussion of the experimental data proves that it is possible to consider the phenomena of the 1946 outburst of Nova *T Cr B* in the general scheme that is usually accepted today for the developing of a Nova. We can explain the described phenomena with the following model, for *T Cr B*:

- a) a Nova that, in February got a typical outburst, with a maximum at February 8.5;
- b) a giant of spectral type *M*;
- c) a nebula surrounding both stars, of apparent diameter of a few seconds.

The spectrum of the nebula comes out with some delay, in respect to the light curve maximum. This delay can be explained as the time employed by the light in going from the star to the nebula. The secondary maximum, beginning about the month of June, can be referred to the impact between the external nebula and the shell ejected by the Nova in the present outburst. It is not possible, on the contrary, to explain the presence of the strong continuous spectrum during the secondary maximum. At last, we underline the exceptional interest of this outburst of Nova *T Cr B*, relatively to the general problem of Novae and cyclical variables of *SS Cygni* type.

1. - Scopo della presente nota è di comunicare brevemente i risultati preliminari delle osservazioni compiute a Merate durante l'esplosione della Nova *T Coronae Borealis* nel 1946. Questo lavoro fu praticamente terminato nel Marzo del 1946, ma per vari motivi la pubblicazione fu sempre differita; i risultati essenziali peraltro furono comunicati nel Congresso di Parigi per il Centenario della scoperta di Nettuno (<sup>1</sup>).

La notizia dell'esplosione della Nova pervenne a Merate il mattino del giorno 11 Febbraio, per comunicazione diretta di uno degli scopritori, il signor Giovanni Bernasconi, un distinto dilettante di Como, ed è stata immediatamente telegrafata all'estero ed ai principali Osservatori Italiani. All'atto della scoperta (ore 6 a. m. del giorno 11) la Nova era di circa 3.<sup>m</sup>8. Già dai dati comunicati dal Bernasconi apparve evidente che si trattava di una seconda esplosione della Nova *T Coronae Borealis* 1866. Le cartoline dell'U.A.I. giunsero con parecchie settimane di ritardo.

Le osservazioni spettrografiche furono iniziate a Merate la notte fra l'11 ed il 12 Febbraio e furono proseguite fino al mattino del 19; le due notti successive il cielo era coperto ed il mattino del 22 la Nova era scesa all'8<sup>o</sup> grandezza e quindi non era più osservabile con i nostri spettrografi. Alcuni spettri furono poi presi nell'aumento secondario di splendore, verificatosi nel Giugno 1946.

Le osservazioni compiute comprendono:

a) Una serie di spettri con lo spettrografo a fenditura annesso al riflettore di un metro;

b) una serie di spettri con la camera prismatica di Schaer montata sul refrattore Merz di 50 cm; disgraziatamente quest'ultima serie si dovette interrompere molto presto per l'illuminazione del cielo notturno causata dalla luna piena.

Tutte le lastre sono calibrate per misure spettrofotometriche con un dispositivo da noi ideato. Questo dispositivo consiste essenzialmente in un piccolo spettrografo da laboratorio, in cui, tra la fenditura ed il collimatore

è inserita una lama di coltello, in modo che la luce uscente dalle varie parti della fenditura interessa parti diverse del collimatore. Sul collimatore viene disposto un diaframma esponenziale, come quello descritto da King <sup>(2)</sup> in modo che sullo spettro focato dalla camera si ha una variazione logaritmica di intensità perpendicolare alla dispersione. Un dispositivo simile al nostro è stato descritto da Barbier <sup>(3)</sup>; la forma speciale del diaframma da noi adottato consente una relazione perfettamente lineare tra l'ordinata nello spettro e il logaritmo dell'intensità. Nel nostro spettrografo l'elemento dispersore è una copia di un reticolo di Rowland. Lo strumento è stato tarato per confronto con due cunei di Zeiss, la cui trasmissività era stata determinata da Krüger all'Istituto Fisico di Milano con una cellula fotoelettrica, impiegando le diverse righe del mercurio.

Gli spettri presi con lo spettrografo sono 20, tutti buoni, tranne uno, in cui l'inclinazione della lastra è variata accidentalmente durante la posa. Le dispersioni impiegate sono di 35.5 Å/mm e di 72.8 Å/mm ad  $H\gamma$ . Le lastre impiegate sono Ferrania Superorto antialo; l'emulsione è un po' invecchiata, trattandosi di lastre acquistate durante la guerra, ma gli spettri si prestano anche a misure spettrofotometriche. Durante le osservazioni del Febbraio la nova diminuì dalla 4<sup>a</sup> a sotto la 7<sup>a</sup> grandezza; nel Giugno era di circa 9.<sup>m</sup>5.

Gli spettri presi con la camera prismatica sono 18, anche questi buoni; le lastre sono un po' velate per la luce lunare. Nel campo compaiono anche gli spettri della stella  $\epsilon$  CrB (oltre ad altre minori) che possono essere impiegati per un confronto spettrofotometrico con la Nova. Sono state impiegate pellicole Ferrania Superpancro di emulsione recente.

2. - I fenomeni spettroscopici presentati dalla Nova CrB sono assolutamente eccezionali, anzi unici fra tutte le Novae. Infatti, mentre comunemente nelle Novae le variazioni luminose sono accompagnate da profonde modificazioni dello spettro <sup>(4)</sup>, in questa Nova, malgrado una diminuzione di splendore di più di 3 grandezze, lo spettro ha subito solo variazioni secondarie nell'aspetto e nella intensità delle righe, durante il periodo delle osservazioni di Merate del Febbraio. Inoltre lo spettro era alquanto diverso da quello osservato in qualsiasi altra Nova in qualunque fase e presentava una grandissima somiglianza con lo spettro della Novoide Z And, descritto da Plaskett <sup>(5)</sup> e da Swings e Struve <sup>(6)</sup>. Può essere qui ricordato che le descrizioni dello spettro della Nova del 1866, lasciateci dagli osservatori visuali dell'epoca <sup>(7)</sup> <sup>(8)</sup>, non si interpretano facilmente nel quadro delle Novae ordinarie. Esse corrispondono invece abbastanza bene allo spettro del 1946 <sup>(9)</sup> <sup>(10)</sup>.

Come è noto, un accostamento tra T CrB e Z And ed altri oggetti analoghi, tra i quali si può comprendere anche l'altra Nova ricorrente RS Oph, è stato messo in evidenza da molti autori appunto sulla base dell'affinità dell'aspetto spettroscopico, che si può interpretare ammettendo che queste stelle siano oggetti alquanto complicati, costituiti da una gigante di tipo avanzato, da una stella variabile (Nova o Novoide) ad alta temperatura e

da una nebulosa, le cui righe di emissione sono eccitate dalla stella di alta temperatura <sup>(11)</sup> <sup>(12)</sup> <sup>(13)</sup> <sup>(14)</sup> <sup>(15)</sup> <sup>(16)</sup>.

Nel caso di *T CrB* lo spettro della stella gigante (classe spettrale *M*) era ben visibile fino al 1932, mentre la componente Nova era al minimo. Nel 1938-39 la Nova aumentò di un paio di grandezze circa; nella regione visuale dello spettro si potevano allora ancora riconoscere le bande del *TiO* della stella *M*, mentre nella regione violetta dominava lo spettro della Nova <sup>(13)</sup>. Durante la fase di minimo della Nova, lo spettro di emissione della nebulosa fu osservato da Adams e Joy <sup>(17)</sup>, che notano solo le righe dell'*H* (*Hβ* e *Hγ*) e dell'*HeII* ( $\lambda$  4686), e da Lundmark <sup>(18)</sup> che riporta anche altre righe di emissione, fra cui la importante riga  $\lambda$  4363 [*OIII*]. Questa ultima osservazione, però, è messa in dubbio dal Gaposchkin, data l'assenza delle due principali righe nebulari  $\lambda$  5007 e  $\lambda$  4959, anch'esse dovute all' [*OIII*].

Dalle osservazioni del 1938-39, risulta uno spettro di emissione della nebulosa che, tenuto conto delle diversità delle condizioni di osservazione, non dovrebbe differire gran che da quello dell'esplosione attuale. In particolare si nota da tutti la grande intensità della riga  $\lambda$  4686 *HeII* e l'assenza delle righe *N*<sub>1</sub> e *N*<sub>2</sub>-dell' [*OIII*] <sup>(19)</sup>. Un'unica osservazione riportata da Swings e Struve <sup>(20)</sup> registra le righe *N*<sub>1</sub> e *N*<sub>2</sub> oltre ad altre dell' [*OII*] e del [*NeIII*]. L'ultima osservazione prima dell'esplosione sembra sia una di Sahade <sup>(21)</sup>, che riporta uno spettro *M* molto intenso con poche e deboli emissioni.

Osservazioni di Sanford <sup>(22)</sup> <sup>(23)</sup> della velocità radiale dello spettro *M* mostrano variazioni tra il 1921 e il 1946 che non possono attribuirsi ad errori di osservazione; sembra indicata una ampiezza di circa 40 Km/sec con un periodo di 9 mesi.

Secondo Wellmann <sup>(13)</sup> la grandezza fotografica della Nova al minimo è di 13<sup>m</sup>.4 circa, mentre la stella *M* ha una grandezza fotografica di circa 11<sup>m</sup>.3. Durante l'aumento del 1938 le due stelle erano circa della stessa grandezza fotografica (10<sup>m</sup>.75). Più o meno le stesse conclusioni si possono ricavare dallo studio di Gaposckine e Wright <sup>(24)</sup>, i quali notano anche varie oscillazioni secondarie della Nova tra il 1938 e il 1946. L'esplosione del 1946 corrisponde perciò ad un aumento di quasi 10 grandezze; è naturale quindi che lo spettro *M* non sia visibile. Le osservazioni attuali si possono allora interpretare come riferentesi a:

a) uno spettro di una stella Nova o Novoide, costituito da un intenso spettro continuo con alcune bande di emissione dell'*He*, dei metalli e, beninteso, dell'*H*, accompagnate da righe di assorbimento dal lato violetto (spettro *P Cygni*). Si sono, potuti riconoscere almeno due sistemi di assorbimento con velocità radiali di - 850 e - 350 km/sec rispettivamente;

b) uno spettro di sottili righe di emissione dovuto alla nebulosa, nel quale prevalgono le righe dell'*H*, dell'*HeII* e del *FeII*, mentre mancano completamente le caratteristiche righe nebulari dell' [*OIII*].

TABELLA I. - Righe dello spettro della Nova T CrB.

12/2		13/2		15/2		19/2		Ident.		NOTE
$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$ lab	El	
3875.1	A									
84.0	A			3884.3	A			3889.05	H $\zeta$	* Spettro assai debole
89.4	10	3888.3	tr*	88.0	15	3888.7	15			
3910.3	A					*				
14.8	0					3913.9	4	3913.46	Ti II	* Assorb. sospettato
27.1	A			3929.3	A	*				
33.4	A	3933.6	A					3933.67	Ca II	* Assorb. sospett. di origine interstellare
34.3	4			34.8	4	33.8	8			
						37.8	1	3938.52	N III	Anche 38.97 Fe II
				41.5	A			3945.04	O II	Dubbia l'identificazione
						45.2	1			
60.1	A	61.3	A	59.2	A			3970.07	He	Anche 3969.49 Ca II
64.1	A	66.0	A	65.8	A					
						64.7	1	3964.73	He I	
68.0	A	68.6	A					3968.49	Ca II	Di origine interstellare
70.4	10	69.5	10	69.6	10	70.3	15*	3970.07	He	Una riga sottile a 68.6 ([Ne III]?)
						73.8	0	3973.27	O II	
		94.8	2			95.2	2	3995.00	N II	
98.1	1							3998.69	N III	
						4001.3	2	4000.83	Fe III	Dubbia
						08.5	1	4009.27	He I	
4021.0	A	4022.3	A	4022.1	A	22.2	A			
26.2	3	25.1	5	27.6	3	25.8	4	4026.19	He I	Forse anche 25.9 He II
						33.0	0	4033.18	O II	Dubbia
42.5	1					41.2	1	4041.31	N II	Riga dubbia, difficile
						46.1	1	4046.15	O II	Dubbia
						50.3	1	4050.11	S II	
52.8	1					52.7	1	4053.28	Fe III	
						69.3	3			Varie righe del C III e anche O II ed S II [Fe V]
						74.4	3	4075.87	O II	Forse anche 76.2 [S II]; id. dubb. [CaXIII] Riga coronale
90.9	A	92.6	A			86.4	tr.	4086.3		
96.0	A	97.1	A			93.9	A	4101.73	He	
						96.7	0	4097.33	N III	Dubbia
4101.9	15	4101.9	15	4102.1	10	4102.5	20	4101.73	He	
						05.8	1	4105.00	O II	Incerta sottile
15.7	A	17.0	A	16.3	A					
21.4	1	21.2	1	20.3	1	21.4*	0	4120.81	He I	* Probab. doppia
		25.5	A							
28.7	2	29.9	3	29.0	2	28.1	3	4128.05	Si II	
30.1	A									
31.9	1							4130.88	Si II	
						33.5	3	4133.67	N II	F. doppia; contr. anche la prec.



## segue TABELLA I.

12/2		13/2		15/2		19/2		Ident.		NOTE
$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$ lab.	El	
4135.4	A			4134.8	A			4143.76	He I	
						4138.5	0	4137.93	Fe III	Sottile
39.0	A	4139.5	A	41.1	A	41.2	A	4143.76	He I	
43.5	2	44.0	2	44.0	2	44.0	2			
52.8	0							4153.30	O II	Forse anche 53.10 S II
54.3	A							4156.54	O II	Anche 56.50 C III
56.0	0									
58.1	A			60.9	A					Riga dubbia - forse 4163.64 Ti II
68.3	A	69.7	A	*				4173.45	Fe II	* Tracce
72.5	1	78.4	2	72.6	2	72.9	4			
75.2	A	76.4	A					4178.87	Fe II	
79.0	2	78.5	3	78.0	2	78.5	5			
						86.7	0			Varie righe C III e OII; riga larga e incerta.
99.8	1			99.7	1	4200.5	2	4199.86	He II	Anche 4200.06 N. III
4212.7	A							4221.61	S II	Ident. dubbia
22.4	0									
				4224.9	0					Incerta
						27.4	1	4227.49	Al II	Identif. dubbia
28.7	A	4230.2	A	30.3	A			4233.17	Fe II	
33.8	2	33.3	4	34.1	3	33.2	8			
				42.4	0			4243.97	Fe II]	Identif. dubbia
						57.4	1	4257.42	S II	58.2 FeII ?
						60.3	1			Non identificata
63.0	A					66.5	2	4267.27	C II	Anche 67.02 C II
		67.3	1	67.1	0			4273.31	Fe II	
				73.4	0					
80.6	A					85.6	2	4285.67	O II	
										Dubbia
85.9	A					90.5	2	4290.23	Ti II	Forse anche 87.40 [Fe II]
90.6	1	89.9	0	90.3	1			4296.56	Fe II	Forse anche 94.10 Ti II
92.6	A					95.1	3			
96.0	1	96.0	1	95.4	0			4300.06	Ti II	Anche 00.58, 01.93 Ti II
99.2	A					4300	*			
4301.1	1	4301.0	1	4302.0	0	4300	*	4303.18	Fe II	* macchia sullo spettro
						03.0	*	4307.26	O II	* macchia
				07.0	0					
10.0	A					15.0	2	4314.98	Ti II	F. anche 12.88 Ti II, 14.09 Sc II
14.8	2	14.2	1	13.6	0			4318.68	S II	Dubbia ; anche 17.65-19.63 O II
		18.3	0					4340.47	H $\gamma$	
27.4	A	28.7	A	28.1	A			4328.15	N III	Incerta
						27.5	1	4332.71	O II	Incerta
						32.6	1			

segue TABELLA I.

12/2		13/2		15/2		19/2		Ident.		NOTE
$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$ lab.	El	
4335.7	A	4335.7	A	4334.9	A	4335.7	A	4340.47	H $\gamma$	* Forse doppia
41.3*	15	39.6	15	39.6*	15	40.3	20			
						43.7	1	4343.33	O II	Anche 44.35 O III
51.0	0	52.0	2	51.0	2	50.3	4	4351.77	Fe II	
		60.1	1			60.9	3	4359.3	[Fe II]	Anche 4359 Corona
				66.3	0			4366.90	O II	Dubbia
69.3	0	68.7	1			69.9	3	4369.28	O II	Identif. dubbia
				74.3	0			4574.28	C II	
				79.5	1	77.7	3	4379.10	N III	
80.5	A	82.9	A	81.9	A	81.7	A	4387.93	He I	* si dist. l riga a 84.9 (85.38 Fe II)
85.3	2	86.7	3	87.4	4	86.8	6*			
		95.8	0	91.4	A			4395.03	Ti II	Dubbia
4401.1	0					95.3	1	4399.77	Ti II	anche 95.95 OII
03.1	A					4401.0	0			
04.5	1									} Senza identificazione sicura
06.7	A									
16.0	2	4416.7	2	4416.3	3	17.2	1	4416.82	Fe II	Anche rig. dell'O II, Ti II e [Fe II]
						21.8	2	4422.39	Fe III	
						28.2	0	4427.97	N II	
						36.7	1	4437.55	He I	Dubbia
44.8	2	45.5	2	43.9	1	44.5	3*	4443.80	Ti II	* forse doppia
						51.3	0	4451.55	Fe II	Anche 52.1 [Fe II]
						57.6	0	4457.97	[Fe II]	
58.6	A	59.3	A					4471.48	He I	
						62.6	0			Non identif. forse 61.46 O III
65.7	A	66.9	A	66.3	A	66.7	A	4471.48	He I	
70.8	8	71.2	4	71.1	4	71.2	6			
						74.7	0	4474.9	[Fe II]	Dubbia
76.6	A	76.5	A					4481.33	Mg II	
82.1	2	80.9	2	81.0	1	81.3	4			
85.9	A	85.6	A						Fe II	4489.21-91.41 Fe II; * macchie
90.4	3	90.3	3	90.3	2	89.9	*			
95.2	A									Non id.; forse 4501.27 Ti II; * m.
		4500.9	0			99.8	*			
4503.4	A							4508.28	Fe II	* macchie
08.6	1	08.1	1	4508.5	1	4508.1	*			
14.3	1	14.0	2	13.3	1	15.5	*	4515.34	Fe II	* m. anc. 14.89 N III e 14.9 [Fe II]
21.6	2	22.0	3	20.5	2	*		4520.22	Fe II	* m. anche 22.67 Fe II, 23.6 N III
		33.4	*	4534.7	0	*		4533.0	[Fe II]	* macchie; anche 34.57 N III
36.2	1					*		4534.57	N III	* macchie
41.1	1	41.7	1			*		4541.61	He II	* macchie; anche 41.52 Fe II

segue TABELLA I.

12/2		13/2		15/2		19/2		ident.		NOTE		
$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$ lab.	El			
4549.3	1	4550.3	2	4545.4	0	*		4549.47	Fe II	* macchie; non identificata		
		53.3	2	48.4	0	*		4552.54	N II	* macchie; 49.63 Ti II		
56.3*	2			55.8	1	4556.1		4555.89	Fe II	* macchie		
64.3	2	64.4	1			65.1		4564.78	N II	* forse leggero assorb. a metà		
69.6	A							4576.33	Fe II			
75.9	0	76.4	0									
		80.2	A					4583.83	Fe II			
82.3	2	84.3	3	82.4	1	84.2	5					
		91.2	2							4590.97	O II	Debole
93.3	1							4593.47	C III	Dubbia		
94.9	0											
4603.8	1	4603.8	2	97.3	A	4601.4	3	4601.48	N II	F. anche 4604.5 N V nei 2 p. gior.		
07.8	0			4602.1	1			4607.15	N II	Forse anche 09.41 O II		
				09.6	0			4610.14	O II	Forse anche 13.87 N II		
19.8	1	19.2	3	18.4	3	19.5	3	4618.85	C II	Forse anche 20.5 N V		
28.7	1	29.5	1-2	28.0	4	30.0*	4	4629.34	Fe II	* quasi insep. dalla seguente		
34.2	3	34.8	4	33.5	5	32.9	5	4634.16	N III	anche 30.55 N II e 35.33 Fe II		
40.9	5	41.3	8	40.4	8	40.6	10	4640.64	N III			
49.1	3	50.2	4			48.6	5		C III	Tre righe 47.40-50.16-51.35		
				53.4	5					Forse $\lambda$ errata, uguale alla prec.		
57.5	0					*		4658.64	C IV	* macc.: anche 58.28 [Fe III] dub.		
67.8	0					*		4666.65	Fe II	* macchia		
77.3	0					*		4676.23	O II	* macchia; anche 77.93 N II		
85.7	10	85.7	10	85.1	10	85.5	20	4685.75	He II			
4707.3	A	4709.4	A	4707.5	A			4713.14	He I	non identificata		
11.7	2	12.7	2	11.6	1							
		70.3										
4846.3	A	tr.						4861.32	H $\beta$			
55.0	A	57.0	A	53.2	A							
60.1	20	61.3	20	60.5	20	60.6	30	4906.88	O II			
		4908	1					4923.92	Fe II	con ass. sul violetto: a. 21.93 He I		
4924	4	24	4	4924	7	4924	10		N II	01.47-01.13-05.14 N II		
5003	1	5004	2	5003	3	5002	4					
09	A							5018.43	Fe II			
17	6	17	7	18	8	18	12					
						39	3			5041.06	Si II	
						47	2			5045.10	N II	
						56	3			5056.00	Si II	anche 56.34 Si II
						5113	0	5116.0		[Ni XIII] riga coronale		



segue TABELLA I

12/2		13/2		15/2		19/2		Ident.		NOTE
$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$	I	$\lambda$ lab.	El	
5162	A									
69	4	5169	5	5168	8	5171	5	5169.03	Fe II	
						85	2	5184.97	N II	dubbia
97	2	98	2	93	3	98	3	5197.59	Fe II	debole e incerta
				5204	1					non identif. incerta e debole
						5215	1	5219.4	S II	identificazione dubbia
						29	1			dubbia
5236	2	5237	2			36	3	5234.62	Fe II	
58	0									dubbia
66	0									dubbia
75	1	77	1	78	3			5276.01	Fe II	
85	1							5284.11	Fe II	
				5300	3					Forse la seguente
						5304	2	5302.86		[FeXIV] Riga coronale
5316	2	5318	2	18	2	19	2	5316.62	Fe II	
39	1					39	1	5337.72	Fe II	
48	0							5345.64	S II	
65		67	0			65	1	5362.87	Fe II	
						83	0			non identificata
						99	1			non identificata
5412		5442	1			5416	3	5411.55	He II	
						31	1	5435.70	Fe II	
						5536	0	5534.85	Fe II	Forse anche 5536 [A X]

Le variazioni osservate corrispondono in linea generale ad una diminuzione dell'intensità dello spettro stellare rispetto a quello della nebulosa.

3. - Per la misura e l'identificazione delle righe sono state scelte 4 lastre dei giorni rispettivamente 12, 13, 15 e 19 Febbraio; la prima e l'ultima corrispondono rispettivamente al primo e all'ultimo giorno di osservazione, nel Febbraio, e una lastra del giorno 17 Giugno. Premettiamo i risultati ottenuti sugli spettri del Febbraio.

Le righe misurate, con le rispettive identificazioni, sono elencate nella tabella I; le lunghezze d'onda misurate sono state corrette per il moto della Terra intorno al Sole. La precisione delle misure non è molto elevata, dato il carattere delle righe, ma è sufficiente per l'identificazione. Molte identificazioni sono provvisorie e potranno essere rivedute. Al di sopra di  $\lambda$  5000 è possibile anche un errore di 2 o 3 Å nelle  $\lambda$  misurate.

4. - Gli elementi le cui righe sono state osservate o sospettate nello spettro di *T Cr B* nella esplosione attuale sono qui di seguito elencati.

*Idrogeno.* Sono presenti due sistemi di assorbimento con diversa velocità radiale; il più spostato ha righe molto larghe e diffuse, l'altro più nette. L'intensità delle righe di assorbimento è andata sempre diminuendo ed il 19 era assai debole. Le velocità osservate per varie righe sono elencate nella Tabella II.

TABELLA II. - Velocità radiali delle righe dell'*H* (Km sec.)

Febbraio	<i>H</i> ζ		<i>H</i> ε		<i>H</i> δ		<i>H</i> γ		<i>H</i> β	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
12	-390	-1080	-450	-760	-420	-790	-470	-900	-390	-930
13	—	—	-310	-670	-330	-660	-330	-820	-270	—
15	—	—	-320	-830	—	—	-390	-860	-500	—
19	—	—	—	—	—	-600	-330	—	—	—

Le emissioni delle righe di Balmer sono estremamente intense; i primi giorni le righe presentavano una struttura complessa con più massimi ed una larghezza di circa 15 Å. L'ultimo giorno erano invece divenute assai sottili e nette. L'esame fotometrico dei profili è fatto a parte.

*He I.* Le righe dell'*He I* sono fra le più intense dello spettro. I tripletti della serie  $2p\ ^3P - nd\ ^3D$  sono presenti sia in emissione che in assorbimento; sono anche intense varie righe del sistema dei singoletti. Le velocità radiali delle righe di assorbimento sono indicate nella Tabella III.

Le variazioni dell'aspetto delle righe di emissione seguono l'andamento di quelle dell'*H*.

*He II.* La ben nota riga  $\lambda\ 4686$  della serie di Fowler è la più intensa riga di emissione dello spettro dopo quelle dell'*H*. Salvo il primo giorno, in cui questa riga presentava una struttura con due massimi, essa era sempre molto sottile ed intensissima. Al pari delle righe dell'*H* (queste ultime però solo negli ultimi giorni) la 4686 ha un'estensione normalmente alla dispersione molto maggiore della larghezza della spettro stellare, la quale non può essere attribuita solo ad un effetto di intensità; noi interpretiamo questo aspetto come dovuto al fatto che la riga si origina in una nebulosa del diametro dell'ordine di qualche secondo, come è stato trovato da Plaskett per *Z And* (5). Più deboli, ma certamente presenti, sono le righe della serie di Pickering.

Sulla intensità anomala della 4686 ritorneremo brevemente più avanti.

*C II.* Sono certamente presenti in emissione le righe  $\lambda\ 4267$  e  $\lambda\ 4618$  (la prima anche in assorbimento); meno sicura la 4374.

*C III.* Contribuisce certamente ad una intensa riga di emissione presso  $\lambda\ 4640$  e forse ad altre più deboli,

*C IV.* E' stato indicato come possibile contributore ad una debole riga presso  $\lambda$  4657.5.

*N II.* Contribuisce certamente a molte righe di emissione di debole e media intensità; specialmente intense alcune righe di tripletti.

*N III.* Le ben note righe  $\lambda$  4634 e  $\lambda$  4640 sono tra le più intense righe di emissione dello spettro; le due righe  $\lambda$  4097 e  $\lambda$  4103 sono pure probabilmente presenti, ma la loro osservazione è resa difficile dalla prossimità ad  $H\delta$ . La riga 4379 da noi osservata il 15 e il 19 Febbraio è attribuita all' *N III* anche da Herbig e Meubauer <sup>(9)</sup>, mentre Bloch, Dufay, Fehrenbach e Mao-Lin <sup>(25)</sup>, commentano l'assenza di questa riga sui loro spettri. La spiegano ammettendo che il meccanismo di fluorescenza di Bowen, cui è dovuta la grande intensità di  $\lambda$  4640, sia più strettamente selettivo che non, per es., nella *N Herc.* 1934.

*N V.* La coppia di righe notata da Stratton <sup>(26)</sup> nello spettro di varie Novae e da Weaver nello spettro della *N Pup* 1942 <sup>(27)</sup> può essere sospettata in emissione, ma la presenza di quest'atomo è assai dubbia.

*O II.* E' stato indicato come probabile contributore a molte deboli righe di emissione ed anche a tre righe di assorbimento. Il gruppo di righe più probabile è il quadrupletto  $3p^4D^0 - 3d^4F$  a 4070-72-76, ma la presenza di quest'atomo è dubbia. In generale si deve notare in questa Nova l'assenza o per lo meno la assai debole intensità dell' *O* in tutti i livelli di ionizzazione.

*O III.* Data la grande importanza per la teoria delle note righe proibite  $\lambda$  4363,  $\lambda$  4959,  $\lambda$  5007 [*O III*], si sono esaminate con cura particolare le corrispondenti regioni dello spettro. Ma queste righe erano certamente assenti nel periodo delle osservazioni di Merate; naturalmente nulla si può dire nei riguardi delle righe ultraviolette tipiche delle nebulose gassose, che furono però osservate da altri autori <sup>(9)</sup> <sup>(25)</sup>. Secondo gli osservatori francesi <sup>(25)</sup> la riga 4363 [*O III*] è comparsa il 22 Febbraio, precedendo, come in altre Novae, la  $N_1$  e  $N_2$ , comparse verso la metà di Marzo.

*Ne III.* L'unica riga nebulare  $\lambda$  3968 [*NE III*] appartenente alla regione spettrale osservata a Merate è stata sospettata come una debole appendice di  $H\epsilon$ .

*Mg II.* L'importante dubletto  $\lambda$  4481 è certo presente sia in emissione che in assorbimento.

*Al II.* Una riga di emissione osservata a  $\lambda$  4227 il giorno 19 può forse essere attribuita a questo atomo; anche nello spettro di *Z And*, Swings e Struve <sup>(25)</sup> notano qui una riga, la cui identificazione non è ben chiara.

*Si II.* L'importante dubletto  $\lambda$  4128-31 è certo presente in emissione e forse anche in assorbimento; in emissione sono pure presenti le righe  $\lambda$  5041-56.

*S II.* E' sospettato come contributore di alcune righe di emissione (e anche di assorbimento) di debole e anche media intensità. In particolare è possibile attribuire a due righe proibite di questo atomo due righe di emissione osservate a  $\lambda$  4068 e  $\lambda$  4077.

*Ca II. K* è certo presente e molto intensa; *H* è naturalmente in parte sovrapposta ad *He*. Presenti anche le corrispondenti righe interstellari con velocità radiale di  $-15 \pm 7$  Km/sec.

*Sc II.* La riga « penultima »  $\lambda$  4314 contribuisce forse ad una riga di emissione.

*Ti II.* E' certo presente con righe di media intensità.

*Fe II.* E' uno degli atomi più rappresentati nello spettro; contribuisce a molte righe di emissione e di assorbimento, alcune di grande intensità. Le righe proibite tipiche dello spettro di  $\eta$  Carinae, di cui molte sono presenti anche nello spettro di *Z And*, non sono molto ben rappresentate nello spettro di *TCrB*; tuttavia alcune delle righe più intense dello spettro di  $\eta$  Carinae sono molto probabilmente presenti.

TABELLA III. Velocità radiali delle righe di assorbimento dell'*He I* e di altri elementi.

Febr.	<i>He I</i>		altri elementi
	I	II	
12	- 410	- 870	- 350
13	- 300	- 820	- 270
15	- 300	-	- 280
19	- 310	-	-

*Fe III.* Questo atomo potrebbe spiegare alcune righe non ben identificate; tuttavia la sua presenza è dubbia.

*Righe coronali.* Una riga di intensità 2 a  $\lambda$  5304 è stata da noi identificata con la nota riga coronale  $\lambda$  5303 [*Fe XIV*]. Data la grandissima importanza che riveste l'osservazione di righe coronali in spettri stellari, si è fatta una ricerca accurata delle altre righe coronali nella regione spettrale da noi osservata. <sup>(28)</sup> <sup>(29)</sup> <sup>(30)</sup>. Il risultato della ricerca è riassunto nella Tabella IV.

TABELLA IV. - Ricerca delle righe coronali nello spettro di *TCrB*.

$\lambda$ cor.	Identif.	Note
3986.9	[ <i>FeXI</i> ] $^3P_1 - ^1D_2$	Non osservabile perchè sovrapposta ad <i>H<math>\zeta</math></i> .
4086.3	[ <i>Ca XIII</i> ] $^3P_2 - ^3P_1$	Deboli tracce il giorno 19.
4231.4	[ <i>Ni XIII</i> ] $^2P_{3/2} - ^2P_{1/2}$	Non osservabile perchè sovrapp. a $\lambda$ 4233 <i>Fe II</i> .
4311.5	. . . . .	Non vista.
4359	. . . . .	Una riga a $\lambda$ 4360.1 è stata attribuita al [ <i>FeII</i> ], ma potrebbe essere presente anche la riga cor.
4567	. . . . .	Non vista; forse confusa con $\lambda$ 4564.8 <i>N II</i> .
5116.0	[ <i>Ni XIII</i> ] $^3P_2 - ^3P_1$	Una traccia a $\lambda$ 5113, il giorno 19.
5302.9	[ <i>Fe XIV</i> ] $^2P_{1/2} - ^2P_{3/2}$	Presente e intensa.
5536	[ <i>A X</i> ]	Una riga a $\lambda$ 5536 di intensità 0 è stata identificata con $\lambda$ 5533.9 <i>Fe II</i> ma potrebbe essere presente anche la riga coronale.

Dalla Tabella IV risulta evidente che la riga più intensa della corona,  $\lambda$  5303, è certamente presente nei nostri spettri; la riga osservata a  $\lambda$  5304 non ha altre identificazioni ragionevoli. Le altre righe, tutte molto più deboli, potrebbero essere presenti, ma non osservate perchè confuse con le intense righe di altri elementi; tuttavia due deboli tracce a  $\lambda$  4086 e  $\lambda$  5116 possono pure essere identificate con righe coronali.

*T CrB* è il terzo caso in cui vengono osservate righe coronali fuori della corona solare. Gli altri due sono *RS Ophiuchi* e *T Pyxidis* <sup>(31)</sup> <sup>(32)</sup> <sup>(33)</sup>, anch'esse due Novae ricorrenti.

Adams e Joy notano che in *RS Oph* la 5303 ha una struttura simile a quella della 4686 *He II*; nel nostro spettro la 5303 presenta due massimi di intensità con una depressione al centro che le dà un aspetto alquanto diverso dalle altre righe di emissione che sono assai nette. Il contrasto con la vicina  $\lambda$  5316.6 *Fe II* è notevole.

5. Lo scopo delle osservazioni alla camera di Schaer era quello di determinare la distribuzione dell'energia lungo lo spettro della Nova, per la quale gli spettri dello spettrografo non sono molto adatti. Per queste misure preliminari abbiamo scelto 2 spettri del giorno 11 e 2 del giorno 12.

Scelti 20 punti dello spettro della Nova, le intensità del fondo continuo in quei punti furono confrontate con quelle dei punti corrispondenti dello spettro della stella  $\epsilon$  *CrB*, che compare nello stesso campo. La scelta di questa stella non è felicissima, dato il tipo spettrale piuttosto avanzato [*gK0 (H)*, *gK2 (M. W.)*, *K 3 III (Morgan)*], mentre la Nova appartiene ai primi tipi, come distribuzione spettrale dell'energia. D'altra parte questa era l'unica stella di grandezza paragonabile a quella della Nova che compare nel campo, mentre la luce lunare ad il tempo limitato per le osservazioni non consentivano di ricorrere a stelle più lontane. Inoltre, come è noto, gli errori di osservazione si riducono moltissimo scegliendo per le misure stelle del medesimo campo.

Nella fig. 1 sono state poste in correlazione le differenze di grandezza  $\epsilon$  *CrB*-Nova con le inverse della lunghezze d'onda. Le osservazioni della medesima sera sono state messe in media, perchè praticamente identiche. Come si vede, i punti sono abbastanza ben allineati. La pendenza della retta dà la differenza di gradiente tra la Nova ed  $\epsilon$  *CrB*.

$$\Delta g = 0.921 \frac{d \Delta m}{d \left( \frac{1}{\lambda} \right)}$$

Si ottengono così i gradienti relativi della 2a. colonna della tabella V, dove il segno + indica che la Nova è più azzurra di  $\epsilon$ .

TABELLA V. - *Gradiente e temperatura di gradiente della Nova.*

Febbraio	$\Delta g$	$g$	$T_g$
12	+ 2.08	+ 0.73	10000° K
13	1.85	0.50	8000° K



Per trasformare questi gradienti da relativi in assoluti occorre conoscere il gradiente di  $\epsilon CrB$ ; in mancanza di misure dirette si può assumere per questa stella il gradiente medio, corrispondente al tipo spettrale.

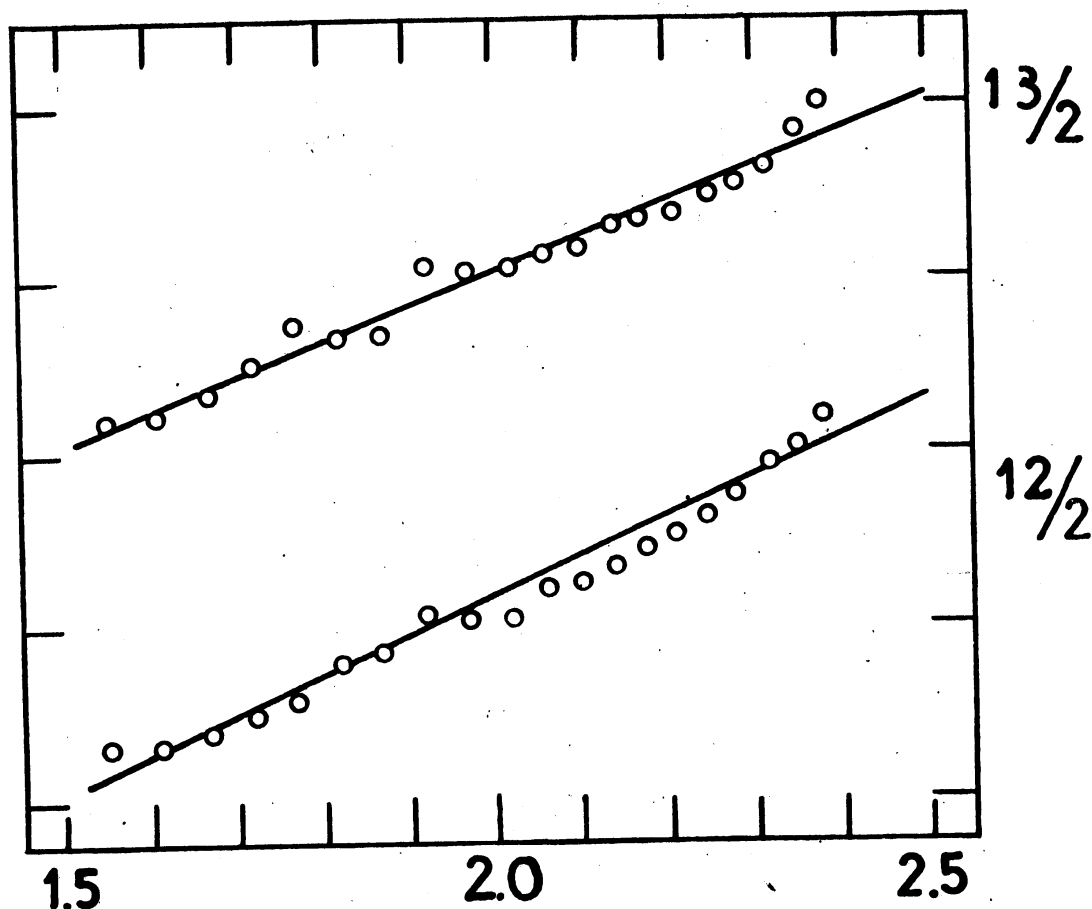


Fig. 1. - Gradiente relativo della  $N CrB$  alla stella  $\epsilon CrB$ . In ascisse l'inverso della lunghezza d'onda in micron; l'intervallo segnato in ordinate corrisponde a una grandezza.

Tra i vari sistemi di gradienti (Greenwich, Gottinga, ecc.) abbiamo preferito quello discusso da Brill<sup>(34)</sup> e basato su misure di Greenwich e di Edimburgo, il quale corrisponde bene all'intervallo spettrale da noi usato. I tipi spettrali di questo sistema corrispondono apparentemente a quelli del M. Wilson e in particolare per i tipi  $K$  alle giganti; per una stella  $gK2$  si ottiene allora il gradiente  $-1.35$ ; i gradienti e le temperature della nova sono indicati nella colonna 3 e 4 rispettivamente, validi naturalmente nel sistema adottato.

Le temperature della Nova sono dello stesso ordine di quello riscontrato in altre Novae<sup>(35)</sup>. Dato il carattere provvisorio di queste riduzioni, non va attribuito molto significato alla variazione della temperatura da un giorno all'altro. Possiamo perciò assumere come temperatura di gradiente della Nova nei primi giorni dopo l'esplosione, circa  $9000^{\circ} K$ . Gli osservatori francesi trovano negli stessi giorni temperature di gradiente di circa  $8000^{\circ} K$ <sup>(36)</sup>; data l'incertezza della riduzione da gradienti relativi ad assoluti, i due valori si possono considerare perfettamente compatibili.

6. - Per la determinazione spettrofotometrica dei profili delle righe di emissione dell' $H$  sono stati impiegati 4 spettri dei giorni 12, 13, 15 e 19 Febbraio rispettivamente. I risultati delle misure sono raccolti nella fig. 2, in cui sono riportati i profili delle righe dell'idrogeno nei giorni indicati. Nei giorni 15 e 19, benchè lo spettro fosse giustamente esposto,  $H\beta$  era così intensa da risultare sovraesposta; in quelle date non è stato pertanto possibile determinarne il profilo.

Nella figura, le unità sono: in ascisse un intervallo di spettro corrispondente ad una variazione di lunghezza d'onda di 1000 km/sec. per effetto Doppler; in ordinate l'intensità del fondo continuo dello spettro nella regione occupata dalla riga.

Come si vede, nei primi giorni le righe dell' $H$  presentavano la forma tipicamente asimmetrica dello spettro *P Cygni* delle Novae, con una depressione dal lato violetto, dovuta alla corrispondente riga di assorbimento. Negli ultimi giorni, invece, le righe erano molto più sottili e simmetriche, oltre che più intense rispetto al fondo continuo dello spettro.

Questa variazione, come è stato accennato, si può interpretare supponendo che inizialmente lo spettro di emissione fosse dovuto essenzialmente all'inviluppo in rapida espansione proiettato verso l'esterno dall'esplosione della Nova, mentre alla fine prevaleva lo spettro della nebulosa preesistente, più intenso del normale, per il grande aumento di intensità della radiazione della stella eccitante.

Una teoria dei profili delle righe di emissione dell' $H$  nelle Novae è stata svolta da vari autori <sup>(37)</sup>. Alcuni tentativi di analizzare i profili osservati con la formula di Cecchini e Gratton <sup>(37)</sup> e di Gerasimovic <sup>(38)</sup> non hanno portato ad alcun risultato. Un esame del problema è pertanto rimandato ad altra occasione.

7. L'area compresa entro il profilo di ciascuna riga è naturalmente uguale all'intensità totale della riga stessa in opportune unità. E' consuetudine assumere come unità di intensità la quantità di energia emessa per un intervallo di lunghezza d'onda pari a  $1 \text{ \AA}$  nello spettro continuo della stella; l'intensità così definita è quella che si suol chiamare la larghezza equivalente della riga.

Le larghezze equivalenti delle righe dell'idrogeno alle varie date sono indicate nella tabella VI.

TABELLA VI. - *Larghezza equivalente delle righe dell'idrogeno.*

Febbraio	$H\zeta$	$H\epsilon$	$H\delta$	$H\gamma$	$H\beta$
12	15.6	15.7	22.0	32.0	95.0
13	—	9.7	14.5	18.5	82.0
15	10.9	10.3	13.0	26.9	—
19	—	15.1	42.9	49.3	—

Nel determinare queste larghezze equivalenti per i primi due giorni ci siamo limitati a misurare l'area della metà rossa della riga e abbiamo assunto come area totale il doppio di quest'ultima. Ciò allo scopo di evitare l'effetto della riga di assorbimento.

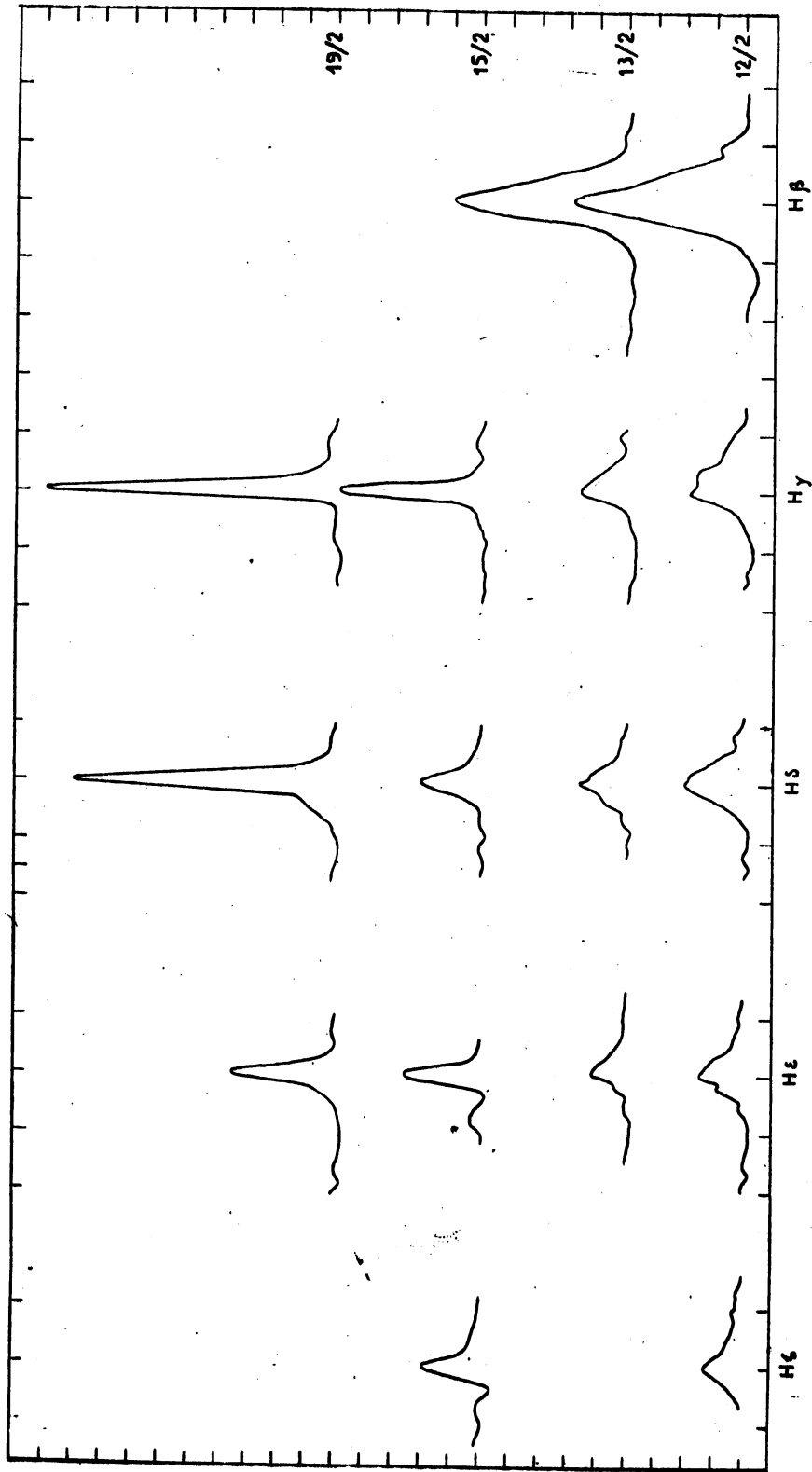


Fig. 2. - Profili delle righe dell'idrogeno. L'intervallo segnato in ascisse corrisponde a una variazione di lunghezza d'onda di 1000 km/sec per effetto Doppler; l'unità nelle ordinate è l'intensità del fondo continuo dello spettro, nella lunghezza d'onda corrispondente.

Nel confrontare tra loro queste intensità, bisogna tener presente che le unità di misura sono diverse per ciascuna riga e per ciascun giorno. Se vogliamo perciò renderle paragonabili fra loro bisogna ridurle ad una unica unità. In vista dell'impiego che dovremo farne in seguito, noi abbiamo assunto come unità l'energia emessa nell'intervallo di 1  $\text{\AA}$  del fondo continuo dello spettro per la lunghezza d'onda  $\lambda$  5290 che corrisponde alla lunghezza d'onda effettiva del sistema visuale di Harvard <sup>(39)</sup>. I fattori di riduzione si possono determinare facilmente assumendo una determinata distribuzione spettrale dell'energia. Ora, le misure del gradiente ci hanno mostrato che nell'intervallo di spettro da noi studiato la curva spettrale dell'energia della Nova corrisponde approssimativamente a quella di un corpo nero, alla temperatura di circa 9000° K. I fattori di riduzione risultano allora determinati e si ottengono così le intensità della tabella VII.

TABELLA VII. - Intensità delle righe dell'idrogeno.

Febbraio	$H\zeta$	$H\epsilon$	$H\delta$	$H\gamma$	$H\beta$
12	23.5	23.2	31.5	43.0	109
13	—	14.3	20.7	25.7	94.5
15	16.4	15.2	18.6	36.2	—
19	—	22.4	61.4	66.8	—

Dalle intensità della Tabella VII si può ricavare ora, per es. il cosiddetto *decremento di Balmer*, ma noi non ci occuperemo di questo, perchè le conseguenze teoriche del decremento di Balmer ci risulteranno per altra via dalla discussione che seguirà.

8. - Noi vogliamo ora impiegare le misure delle intensità delle righe di emissione per determinare il numero di atomi di idrogeno nell'involuppo intorno alla stella o nella nebulosa nei diversi livelli quantici. A tale scopo è necessario anzitutto ridurre le intensità delle righe in unità assolute, cioè calcolare l'energia emessa per unità di tempo in corrispondenza delle diverse righe dell' $H$ .

Ora, la quantità di energia emessa dal Sole per  $\text{cm}^2$  della sua superficie e per unità di tempo in un intervallo di spettro di 1  $\text{\AA}$  per la lunghezza d'onda 5290, secondo le misure di Abbot e di Wilsing <sup>(40)</sup> è di  $3.1 \times 10^6$  erg  $\text{cm}^{-2}$   $\text{sec}^{-1}$   $\text{\AA}^{-1}$  e quindi per tutta la superficie solare:

$$18.8 \times 10^{26} \text{ erg. sec}^{-1} \text{\AA}^{-1}.$$

Assumendo per la stella  $M$  del sistema di  $T$   $CrB$  la grandezza assoluta visuale + 0.5 <sup>(41)</sup> <sup>(40)</sup>, cioè il valore normale per una gigante di tipo  $M$ , si ricavano per la luminosità visuale della Nova i valori qui sotto indicati:

12/2	13/2	15/2	19/2
$1.78 \times 10^4$	1.00	0.48	0.083

in unità della luminosità del Sole.

Moltiplicando questi numeri per  $18.8 \times 10^{28}$  si otterranno i fattori occorrenti in ciascun giorno per convertire le intensità della Tabella VII in unità assolute. La Tabella VIII contiene i risultati della riduzione.

TABELLA VIII. - *Energia emessa nelle varie righe dell'idrogeno (erg. sec.  $-1$ ).*

Febbraio	$H\zeta$	$H\epsilon$	$H\delta$	$H\gamma$	$H\beta$
12	$7.9 \times 10^{34}$	$7.8 \times 10^{34}$	$10.6 \times 10^{34}$	$14.4 \times 10^{34}$	$36.5 \times 10^{34}$
13	—	2.7	3.9	4.8	17.8
15	1.47	1.37	1.67	3.3	—
19	—	0.35	0.96	1.03	—

Supponendo di poter trascurare l'effetto del riassorbimento della radiazione da parte della materia dell'involuppo della Nova, il che nel nostro caso è certamente possibile, le intensità della Tabella VIII sono legate al numero di atomi di  $H$  nei vari livelli quantici  $N_m$  ed alle probabilità di transizione  $A_{nm}$  dalla relazione evidente:

$$E = N_m A_{nm} h\nu_{nm},$$

dove  $\nu_{nm}$  è la frequenza della riga emessa nella transizione  $m \rightarrow n$ . Impiegando per le probabilità di transizione i ben noti valori corrispondenti all'atomo di  $H$  (<sup>42</sup>) si ottengono da questa formula i numeri di atomi nei vari livelli quantici. Questi sono indicati nella Tabella IX per i giorni delle osservazioni.

TABELLA IX. - *Numero di atomi di  $H$  nei vari livelli quantici.*

Febbraio	$m = 4$	5	6	7	8
12	$11 \times 10^{39}$	$13 \times 10^{39}$	$24 \times 10^{39}$	$38 \times 10^{39}$	$78 \times 10^{39}$
13	5.3	4.2	8.8	14	—
15	—	2.8	3.8	6.7	14
19	—	0.90	2.2	1.7	—

Possiamo ora confrontare questi numeri con la distribuzione che si otterrebbe se l'involuppo in cui si formano le righe di emissione fosse in equilibrio termodinamico. In questo caso, ovviamente, il numero di atomi nei vari livelli dovrebbe essere dato dalla formula:

$$\log N_m = \text{cost} - \frac{0.434 \chi_m}{kT} + 2 \log m$$

dove  $T$  è la temperatura e  $\chi_m$  l'energia di eccitazione del livello  $m$ . Per confrontare agevolmente i numeri osservati con questa formula, nella fig. 3 sono stati riportati in ordinate i valori di  $\log N_m - 2 \log m$  ed in ascissa  $\frac{0.434 \chi_m}{k}$ . È chiaro che in condizioni di equilibrio termodinamico i punti



osservati dovrebbero essere allineati e la inclinazione dovrebbe misurare la temperatura del sistema. Ora, della figura è manifesto che non solo i punti non sono allineati, ma l'andamento generale di essi non può corrispondere a valori positivi della temperatura, l'errore d'osservazione essendo probabilmente inferiore a 0.10 in  $\log N_m$ , che corrisponde al 23 per cento nelle larghezze equivalenti osservate.

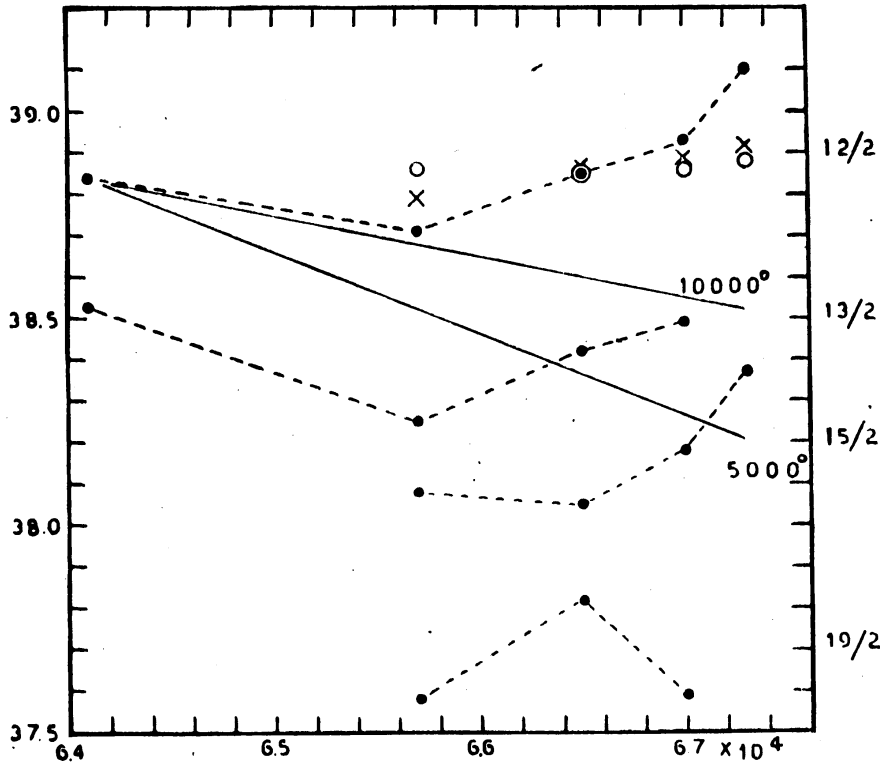


Fig. 3. - Numero di atomi nei diversi livelli eccitati. In ascisse  $0.434 \lambda m/k$  in ordinate  $\lg N_m - 2 \lg m$ . I punti osservati sono indicati con i tondi pieni, i punti calcolati con la teoria di Baker e Menzel per  $T_e = 5000 K$  e  $10000 K$  sono rappresentati rispettivamente dai cerchi e dalle croci. Le due rette sono calcolate con la formula di Boltzmann, per le temperature indicate.

Nelle condizioni che regnano nelle nebulose gassose la distribuzione degli atomi tra i vari livelli quantici è stata studiata da Baker e Menzel (<sup>43</sup>), i quali trovano che si può ancora impiegare la formula precedente, aggiungendovi un termine correttivo che essi hanno calcolato in alcuni casi particolari, di cui a noi interessa in particolare il caso B, corrispondente all'applicazione della teoria di Zanstra della luminosità nebulare. In questo caso (in cui il sistema non si trova in condizioni di equilibrio termodina-

mico) la temperatura da introdurre nella formula è la temperatura  $T_e$  corrispondente alla distribuzione della velocità fra gli elettroni liberi. Nella figura sono stati disegnati anche i punti corrispondenti alla teoria di Baker e Menzel per le temperature  $T_e$  di  $5000^\circ K$  e  $10000^\circ K$  rispettivamente. Come si vede l'accordo con le osservazioni, pur non essendo perfetto, è molto migliore che non con la teoria dell'equilibrio termodinamico. I punti calcolati sono assai poco sensibili alle variazioni della temperatura elettronica.

In ogni caso questa discussione mostra che si può, senza scostarsi troppo dalle condizioni reali, applicare alla materia dell'inviluppo intorno alla Nova la teoria di Zanstra.

9. - È noto che applicando alle righe dell' $H$  delle Novae la teoria di Zanstra, si perviene a valori della temperatura che sono in completo disaccordo con la temperatura di gradiente; nel caso della Nova Hercules 1934 e della Nova Lacertae 1936, Cecchini e Gratton hanno mostrato<sup>(35)</sup> che questo disaccordo si può eliminare applicando alle Novae la teoria delle atmosfere estese. Più recentemente sono stati sollevati vari dubbi circa l'applicabilità di questa teoria al caso della Nova Hercules<sup>(44)</sup>, ma una discussione inedita da parte di Gratton mostra che queste critiche possono essere superate senza difficoltà. Noi applichiamo quindi alla Nova  $T CrB$  la teoria di Zanstra, corretta per tener conto dello spessore dell'atmosfera della Nova. Le osservazioni di Hachenberg e Wellmann<sup>(42)</sup> mostrano come non si possa applicare la teoria di Zanstra al caso della Nova  $CrB$ ; queste osservazioni però si riferiscono non al presente inviluppo, bensì alla nebulosa preesistente. Se allora noi limitiamo l'applicazione della teoria di Zanstra ai primi due giorni, quando le righe di emissione dell'idrogeno erano probabilmente dovute in prevalenza all'inviluppo emesso nell'esplosione attuale si può ritenere anche in base alla discussione del num. precedente che la teoria sia ancora applicabile.

Noi applichiamo la teoria delle atmosfere estese nella sua forma ben conosciuta, quale è stata sviluppata da Kosirev<sup>(45)</sup> e da Chandrasekhar<sup>(46)</sup>. La seconda approssimazione, dovuta a Chandrasekhar<sup>(47)</sup> non si può ancora applicare per la mancanza delle relative tabelle numeriche, ma questa lacuna sta per essere colmata dal dott. Missio, il quale sta calcolando tali tabelle. Per il calcolo della temperatura con la teoria di Zanstra è necessario conoscere anche l'intensità della riga  $H\alpha$ , che non è compresa nella regione spettrale studiata; essa si trova sugli spettri presi con la camera di Schaer, sicché quando questi saranno completamente studiati si avranno a propria disposizione anche le intensità di  $H\alpha$ . Provvisoriamente noi assumiamo per  $H\alpha$  il valore teorico che essa dovrebbe avere nella teoria di Zanstra in base ai valori osservati di  $H\beta$ .

In tal modo si ottengono per le *temperature fotosferiche* (corrispondenti cioè alla profondità ottica  $\tau=1$ ) i valori  $16600^\circ K$  e  $15500^\circ K$  rispettivamente per i giorni 12 e 14 Febbraio. Per confrontare questi valori con la temperatura di gradiente occorre calcolare con la teoria delle atmosfere estese

quale sarebbe la temperatura di un corpo nero che nella regione osservata (5000 Å) possiede il medesimo gradiente che si ricava per l'atmosfera estesa alla temperatura fotosferica determinata con la teoria di Zanstra corretta. Si ricava così la temperatura « teorica » di gradiente di 9000° K; l'accordo perfetto con le osservazioni della temperatura di gradiente è, naturalmente, casuale, ma essa dimostra che gli ordini di grandezza previsti dalla teoria sono giusti.

Ciò dimostra che anche in questo caso la teoria di Zanstra corretta per tener conto dell'estensione dell'atmosfera della Nova conduce a risultati consistenti con le osservazioni.

10. - La determinazione del numero di atomi di  $H$  nei vari livelli quantici compiuta al N. 8 consente di determinare la massa di idrogeno contenuta nell'involuppo della Nova, che è quanto dire la massa proiettata dalla Nova nello spazio durante l'esplosione. Il metodo da noi seguito equivale a quello impiegato da Sayer<sup>(48)</sup> nel caso della Nova *RS Ophiuchi*.

Partiamo dalla relazione fondamentale della teoria della ricombinazione data da Cilliè<sup>(46)</sup>, secondo la quale il numero delle ricombinazioni nelle quali l'elettrone catturato si porta direttamente al 3° livello (il livello di partenza per l'emissione di  $H\alpha$ ) è dato dall'espressione  $n_i n_e C M(3, T_e)$ , dove  $n_i$  è il numero degli ioni di idrogeno e  $n_e$  quello degli elettroni per unità di volume,  $C$  è una costante il cui valore è di  $3.22 \times 10^{-6}$  e la funzione  $M(3, T_e)$  è stata tabulata dal Cilliè per diversi valori della temperatura elettronica  $T_e$ . Al livello 3 giungeranno poi elettroni da livelli superiori con emissione di righe della serie di Paschen; il numero di transizioni per secondo e per unità di volume è ovviamente  $n_4 A_{34} + n_5 A_{35} + n_6 A_{36} + \dots$ . Dal livello 3 partiranno inoltre elettroni per emissione di  $H\alpha$  e della riga  $\beta$  della serie di Lyman; in condizioni di quasi stazionarietà si avrà uguagliando gli arrivi e le partenze al e dal 3° livello:

$$n_i n_e C M(3, T_e) + n_4 A_{34} + n_5 A_{35} + \dots = n_3 (A_{13} + A_{23}).$$

In questa formula si trascurano gli effetti delle collisioni e della emissione indotta, il che è ragionevole nelle condizioni dell'involuppo. Moltiplicando per il quadrato del volume e risolvendo rispetto al prodotto  $N_i N_e$ , dove  $N_i$  ed  $N_e$  indicano ora il numero totale degli ioni e di elettroni in tutto l'involuppo, si ricava la formula

$$N_i N_e = \frac{V}{C M(3, T_e)} \{ N_3 (A_{13} + A_{23}) - (N_4 A_{34} + N_5 A_{35} + N_6 A_{36} + \dots) \}$$

Qui  $N_m$  indica il numero totale di atomi nei vari livelli quantici, già precedentemente determinato.  $N_3$  si può determinare dall'intensità di  $H\alpha$  estrapolata secondo la teoria di Zanstra.

Ora, nelle condizioni dell'involuppo, l' $H$  è praticamente tutto ionizzato e, data la sua grande importanza cosmica, contribuisce praticamente a tutti gli elettroni presenti. Si potrà quindi porre  $N_i = N_e = N_H$  numero totale di atomi di idrogeno nell'involuppo.

Per valutare il volume  $V$  si può ammettere che l'inviluppo che contribuisce maggiormente alle righe di emissione sia quello corrispondente ad una velocità di circa 1000 km/sec; ciò è suggerito dai profili osservati, ed è dovuto al fatto che l'inviluppo corrispondente alla velocità di 5000 km/sec osservato a Yerkes <sup>(50)</sup> nei primi due giorni dopo l'esplosione, era già molto diluito i giorni 12 e 13, data delle nostre osservazioni. Per avere il raggio nei giorni delle nostre osservazioni occorrerebbe anche conoscere l'istante dell'emissione dell'inviluppo stesso e il raggio fotosferico a quell'istante. Ora, uno spettro d'assorbimento con una velocità di circa - 1350 km/sec fu osservato da Morgan e Deutsch <sup>(50)</sup> fin dalla data Febr. 9.4; ammettendo che questo fosse l'inviluppo cui sono dovute le righe di emissione osservate e che esso fosse stato emesso circa il Febr. 9.0, alla data delle nostre osservazioni il suo raggio esterno doveva essere presso a poco  $37 \times 10^{12}$  cm. e  $46 \times 10^{12}$  cm., assumendo per il raggio fotosferico nell'istante dell'emissione un centinaio di volte quello del Sole. I volumi corrispondenti sono rispettivamente dell'ordine di  $2 \times 10^{41}$  e  $4 \times 10^{41}$  cm.<sup>3</sup>

Osserviamo ancora che la seconda somma entro parentesi nella nostra formula finale dovrebbe essere estesa a tutti i livelli dal 4° in su; poiché le osservazioni ci danno solo i termini fino all'8° il giorno 12 e al 7° il giorno 13, è necessario in qualche modo estrapolare.

D'altra parte questa seconda somma è assai minore della prima, sicché, considerando anche le numerose approssimazioni introdotte, non si commette un errore apprezzabile prendendo il valore dell'intera somma uguale al doppio della somma dei primi termini di essa.

I valori delle masse di idrogeno che così si ottengono per il giorno 12 sono  $1.7 \times 10^{27}$  g o  $2.3 \times 10^{27}$  g rispettivamente, a seconda che per la temperatura elettronica si assuma  $5000^{\circ}$  K o  $10000^{\circ}$  K. Per il giorno 13 si ottengono esattamente gli stessi valori; questa coincidenza è, naturalmente, casuale, ma dimostra che le varie ipotesi fatte sono abbastanza ragionevoli.

Questi valori sono dello stesso ordine di quello trovato con vari metodi per altre Novae <sup>(51)</sup>, il fatto che essi sono leggermente più bassi della media appare naturale, considerando che probabilmente questa esplosione della Nova *T CrB* è stata meno grandiosa delle comuni esplosioni delle Novae.

Comunque rimane sempre confermato che la massa della materia espulsa da una Nova durante la sua esplosione è trascurabile di fronte alla massa di tutta la stella.

11. - Lo spettro del Giugno per la sua stessa natura non si presta (almeno con dispersioni dell'ordine di quella da noi impiegata) ad uno studio particolareggiato come quello effettuato sugli spettri di Febbraio, ci limitiamo perciò ad una semplice descrizione. La caratteristica più notevole è l'enorme diminuzione dell'intensità delle righe di emissione rispetto al continuo (relativamente al febbraio). In particolare la  $4686 \text{ He II}$  è ridotta ad una debole traccia, mentre le righe dell'*N III* sono completamente

scomparse. Lo spettro continuo si può seguire sui nostri spettri fino a  $K$ ; esso non corrisponde allo spettro della stella  $M$ , almeno nella regione da noi osservata. Alcuni deboli assorbimenti che si possono attribuire al  $Ti II$  e al  $Fe II$  corrispondono probabilmente allo spettro di assorbimento osservato da Sanford circa alla stessa data <sup>(52)</sup>; anche  $H\beta$  presenta un sottile assorbimento. Le bande del  $Ti O$  della stella  $M$  non possono essere rintracciate con sicurezza. Le righe di emissione visibili sono tutte dovute all' $H$ , al  $Fe II$  e [ $Fe II$ ] oltre alla 4686  $He II$  e, probabilmente,  $H$  e  $K$  del  $Ca II$ ; sono sospettate anche la 4884 [ $Fe III$ ] e la 4669 e 4974 [ $Fe VI$ ].

12. - Il problema che ora si presenta è quello di vedere se e come i fenomeni presentati da  $T CrB$  nell'esplosione del 1946 (e probabilmente anche in quella del 1866) possano rientrare nello schema generale che oggi si possiede circa lo sviluppo di una Nova.

A tale proposito possiamo così riassumere i fatti principali:

a) Immediatamente dopo il massimo lo spettro (da noi non osservato) non differiva sostanzialmente da quello delle ordinarie Novae, con un sistema di assorbimento a righe piuttosto diffuse, corrispondente ad una velocità di 4500-5000 km/sec, un altro sistema spostato a circa 1000 km/sec e larghe emissioni <sup>(9)</sup> <sup>(40)</sup> <sup>(50)</sup> (meno larghe però di quanto ci si attendesse, data la grande velocità delle righe di assorbimento). All'epoca delle nostre osservazioni lo spettro di assorbimento più spostato era già scomparso, mentre era presente uno spettro con una velocità di circa -400 Km/sec; gli assorbimenti meno spostati scomparvero più tardi nell'affievolimento generale dello spettro continuo, presso a poco come nelle Novae ordinarie, solo più rapidamente. Anche il livello di eccitazione di questi spettri di assorbimento non differiva gran che da quello dei sistemi principali, diffuso e di Orione delle altre Novae, senza peraltro che si possa identificare con sicurezza uno di questi con i sistemi osservati.

b) Assai presto si sviluppa nello spettro della Nova un sistema di righe di emissione piuttosto sottili, con un livello di eccitazione molto elevato ( $He II$ ,  $N III$  ecc.); questo spettro era visibile nei nostri spettri durante tutte le osservazioni. Esso era presente già il 10 Febbraio, ma raggiunse il massimo sviluppo solo più tardi. E' degna di nota la grande somiglianza di questo spettro con lo spettro di emissione di  $T CrB$  nella fase precedente all'esplosione e con quello di  $Z And$  e delle altre stelle dello stesso gruppo. Se si deve dar peso alla estensione delle righe di emissione di questo spettro, esso dovrebbe corrispondere ad una nebulosa del diametro di 4" <sup>(4)</sup> nell'angolo di posizione  $0^{\circ} - 180^{\circ}$ , naturalmente con molta incertezza.

c) La 4686  $He II$ , appartenente allo spettro di cui alla lettera b) era sempre estremamente intensa; il suo comportamento in questa e in altre Novae è stato descritto da Mc Laughlin <sup>(53)</sup>. Noi possiamo osservare che la sua intensità non è spiegabile con il meccanismo di eccitazione di Zanstra, anche applicando la teoria delle atmosfere estese; è quindi assai pro-



babile che nella eccitazione di queste righe abbia una parte preminente il cosiddetto meccanismo (c) di Bowen dovuto alla casuale coincidenza della riga  $2s^2S - 4p^2P$  dell' *He II* con la riga  $\alpha$  della serie di Lyman dell'*H* <sup>(54)</sup>.

d) La presenza di due righe della Corona, fenomeno questo che sembra tipico delle Novae ricorrenti (*RS Oph* e *T Pyx*).

e) La signorina Bloch richiama l'attenzione sui rapporti anomali di intensità nelle righe dell' [O III] 4363, 4959 e 5007 <sup>(55)</sup>. Nei nostri spettri queste righe non sono visibili; secondo gli osservatori francesi la 4363 sarebbe presente già il 22 Febbraio <sup>(25)</sup>, mentre secondo Herbig e Neubauer <sup>(9)</sup> la sua comparsa sarebbe avvenuta nella prima settimana di Marzo, mentre le righe  $N_1$  e  $N_2$  sono apparse solo alquanto più tardi. Questa differenza nel tempo di comparsa e la maggiore intensità della 4363 rispetto a ciò che si osserva nelle nebulose planetarie sono, però, un fenomeno comune nelle Novae al principio della fase «nebulare» <sup>(56)</sup>. Più strana appare la notevole differenza di intensità di  $N_1$  e  $N_2$ ; è da notare peraltro che, come risulta da numerose riproduzioni di spettri pubblicate da vari autori <sup>(57)</sup>, quando la riga 4363 è più intensa delle righe  $N_1$  e  $N_2$ , spesso anche la 5007 è molto più intensa della 4959.

f) La scomparsa delle righe sottili di emissione e la notevole intensità dello spettro continuo in Giugno sono caratteristici dell'aumento secondario di splendore della Nova, il quale presenta perciò un carattere completamente diverso dall'aumento secondario della *N Herculis* 1934 nell'estate 1935. Nel 1947, al termine dell'aumento secondario di splendore, lo spettro della Nova era tornato praticamente quello di prima dell'esplosione <sup>(50)</sup> <sup>(52)</sup> <sup>(55)</sup>; spettri presi da Gratton nel giugno 1948 all'Osservatorio Mc Donald mostrano pure l'ordinario spettro di minimo.

13. Noi vogliamo ora vedere come non sia impossibile interpretare i fenomeni dianzi descritti con il modello generalmente adottato per *T CrB*. Precisamente assumiamo a tale scopo che *T CrB* sia un oggetto costituito da:

a) Una stella Nova o Novoide, la quale, nel Febbraio 1946, subì una esplosione tipica di Nova con il massimo all'incirca il febbraio 8.5; questa data può essere adottata in base ad una osservazione di A. S. Kamenciuk, comunicata da Kukarkin <sup>(58)</sup>.

b) Una gigante di tipo spettrale *M2* o *M3*; le osservazioni di velocità radiale di Sanford al M. Wilson <sup>(23)</sup> <sup>(52)</sup> oltre agli argomenti astrofisici sembrano indicare effettivamente la natura di doppia di *T CrB*, anche se tale conclusione può essere forse un poco prematura.

c) Una nebulosa eccitata dalla radiazione della Nova, con un diametro apparente, forse, di alcuni secondi.

Noi assumiamo che l'esplosione della Nova segua le linee generali delle esplosioni delle ordinarie Novae con l'emissione di uno o più inviluppi gassosi, la cui massa è dell'ordine di  $10^{27}$  grammi. La differenza essenziale consiste nella straordinaria velocità di sviluppo, cui fa riscontro

la grande velocità di espansione osservata nei primi due giorni. Incidentalmente possiamo osservare che una velocità di 4500-5000 km/sec per il sistema diffuso e 1100 km. per il sistema principale sono in discreto accordo con la correlazione generale tra la velocità radiale ed il parametro di rapidità  $t$  per le Novae (<sup>59</sup>), ricavato dalla curva di luce. Secondo McLaughlin (<sup>10</sup>), invece, i dati per *T CrB* non corrispondono alla relazione da lui trovata tra velocità radiale e rapidità di declino di una Nova dopo il massimo. Anche la grandezza assoluta della Nova al massimo risulta dell'ordine di quella della Novae ordinarie, se la stella *M* è un'ordinaria gigante di grandezza assoluta + 0.5.

Il ritardo della comparsa dello spettro della nebulosa rispetto al massimo della curva di luce può essere spiegato con il tempo che la luce dell'esplosione impiega a giungere dalla Nova alla Nebulosa. Assumendo Febb. 8.5 come data del massimo e 13.0 come l'istante in cui la luce ha raggiunto il bordo esterno della nebulosa, si ricava un diametro di questa di 1600 u. a. Con una parallasse di 0".0016, che corrisponde ad una grandezza assoluta + 0.5 per la stella *M*, il diametro apparente della nebulosa risulterebbe di 2".0, che non è incompatibile con l'estensione delle righe sottili di emissione ai due lati dello spettro.

La grande somiglianza dello spettro della nebulosa nel Febbraio 1946 con quello nella fase di minimo e la sua costanza qualitativa durante le nostre osservazioni indicano che la temperatura della stella eccitante non subisce notevoli variazioni durante l'esplosione.

Se ora si calcola il tempo necessario all'involuppo di 5000 km/sec. per raggiungere la nebulosa di 800 u. a. di raggio, si trova un periodo dell'ordine di 275 giorni; naturalmente la nebulosa avrà un certo spessore, che può essere valutato dall'istante in cui le righe sottili hanno fatto, la loro comparsa. Ora queste erano certo presenti il giorno Febbraio 10.5, sicchè il raggio interno della nebulosa è minore o al più uguale alla frazione 2/4.5 di quella esterna; esso doveva pertanto essere raggiunto dalla materia emessa al tempo del massimo, da 100 a 120 giorni dopo di questo. Questa data corrisponde precisamente all'inizio del massimo secondario, il cui termine è a circa 220-300 giorni dal massimo principale.

Ne deriva che durante tutto il tempo in cui si verificò il massimo secondario, la materia dell'involuppo emesso nell'esplosione viaggiava nell'interno della nebulosa.

Naturalmente potrebbe trattarsi di una semplice coincidenza casuale, però si può chiedersi se per caso la collisione dell'involuppo con la nebulosa non potesse essere la causa dell'aumento secondario di splendore. In tal caso sarebbe più naturale attendersi uno spettro di bande anzichè uno spettro continuo, ma dato che oggi si conosce ancora molto poco circa il meccanismo di eccitazione che dovrebbe verificarsi in questa circostanza, l'ipotesi non è del tutto assurda.

Può essere interessante allora confrontare l'energia cinetica dell'involuppo con quella emessa sotto forma di luce durante il massimo secondario.

Con una massa di  $10^{27}$  g ed una velocità di 5000 km/sec, si trova un'energia di  $10^{44}$  erg; dall'integrazione della curva di luce risulta d'altra parte circa  $10^{43}$  erg. Data l'incertezza nei dati numerici (massa dell'involuppo, correzione bolometrica durante il massimo secondario, parallasse della Nova, ecc.) un accordo a meno di un fattore 10 è quanto di meglio sarebbe lecito attendersi.

Oltre alla già menzionata difficoltà dello spettro continuo, bisogna ricordare l'osservazione di Sanford<sup>(52)</sup> nel giugno 1946 di uno spettro di assorbimento di « guscio »; poichè nella precedente interpretazione il massimo secondario non corrisponde ad un nuovo « outburst » della Nova ma all'incontro dell'involuppo del febbraio con la nebulosa, si dovrebbe ammettere che lo spettro di assorbimento si formi nella nebulosa stessa, la quale dovrebbe perciò possedere una notevole profondità ottica. Ciò porta a qualche difficoltà, ma tuttavia uno spettro di assorbimento sarebbe ancora possibile se lo spettro continuo si formasse nella nebulosa stessa.

Come argomento contro la teoria della duplicità di *T CrB*, A. Deutsch<sup>(60)</sup> porta il fatto che le bande del *TiO* sarebbero ricomparse nello spettro quando la Nova era ancora parecchie grandezze più brillante della grandezza ordinaria della stella *M*; egli cita ancora la già menzionata osservazione della signorina Bloch<sup>(55)</sup> della intensità anomala delle righe dell'[OIII], che dovrebbe essere spiegata con un assorbimento da parte delle bande del *TiO*. In realtà nell'ipotesi di una stella unica riesce assai difficile comprendere come le bande del *TiO* possano indebolire le righe nebulari, perchè, in tal caso, esse dovrebbero formarsi ad un livello atmosferico più elevato, ciò che appare molto strano. Poichè le intensità osservate da Bloch non sono, dopo tutto, eccezionali sulle Novae, riteniamo quest'ultimo argomento non decisivo. Quanto all'osservazione di Deutsch della comparsa anticipata delle bande del *TiO* (che del resto non sembra sia stata notata da nessun altro autore) non è nel tutto assurdo pensare che l'esplosione della Nova a così piccola distanza (probabilmente non più di 2 u. a.) dalla gigante *M* abbia potuto in qualche modo alterarne la normale luminosità.

Può avere qualche interesse osservare che la collisione tra l'involuppo di 1000 km/sec e la nebulosa dovrebbe essere avvenuta durante il 1948; dato però che l'energia cinetica doveva essere 25 volte più piccola di quella dell'involuppo di 5000/Km sec e la collisione doveva durare un tempo 5 volte più grande, è dubbio che l'effetto potesse essere osservabile.

14. - Per finire, non è fuor di luogo ricordare l'eccezionale interesse di questa esplosione di *T CrB* per ciò che riguarda il problema generale delle Novae. Infatti, da un lato essa stabilisce un legame tra le stelle analoghe a *Z And*, come *R Aquari*, *CI Cygni*, *RW Hydrae* ed *AX Persei*, e le stelle Novae. Si tratta in tutti questi casi di stelle variabili di alta temperatura a tipo Novae associate ad una stella gigante degli ultimi tipi spettrali e ad una nebulosa<sup>(61)</sup>. Anche *RS Ophiuchi* e, probabilmente, *T Pyridis* appartengono alla stessa categoria. In particolare dopo l'esplosione

della Nova *T CrB* rimane decisa la questione dell'attribuzione di *Z And* alle variabili di tipo Novoidi, a meno di non voler considerare la *T CrB* come una stella completamente diversa dalle Novae, il che non sembra logico, dato che, come risulta da questo lavoro, lo schema generale dell'esplosione può spiegare i fenomeni spettroscopici osservati altrettanto bene quanto per le altre Novae.

D'altro lato questa seconda esplosione della Nova *T CrB* stabilisce definitivamente un legame tra le Novae propriamente dette e le variabili cicliche tipo *SS Cygni*. È noto infatti che Kukarkin e Parenago<sup>(62)</sup> hanno stabilito una relazione statistica tra l'ampiezza media della variazione luminosa e il periodo medio delle variabili *SS Cygni*. Nulla si conosce sopra il significato di questa relazione, ma è certo che essa è della più grande importanza per la teoria di queste interessanti variabili e forse per problemi di più vasta portata relativi alla costituzione ed evoluzione delle stelle. Per il problema che qui ci occupa, bisogna ricordare che Kukarkin e Parenago hanno mostrato come le due Novae ricorrenti, *T Pyxidis* e *RS Ophiuchi*, si uniformano alla medesima relazione generale, benchè ciò comporti una estrapolazione di questa da 4 a 7 grandezze nell'ampiezza della variazione luminosa; basandosi su questa relazione e sulla possibilità di estenderla anche alle Nove ordinarie, i due scienziati russi avevano anzi predetto una esplosione della *T CrB* nel periodo tra il 1926 e il 1966. Questa seconda esplosione dimostra così che la legge di Kurkankin e Parenago è del tutto generale, e ne accresce pertanto l'importanza. La relazione di Kukarkin e Parenago è confermata inoltre anche dalla *N Sge 1913* col suo ultimo massimo.

Comunque, l'osservazione di questa Nova viene a stabilire una importante relazione tra tipi di variabili di estremo interesse per la teoria, mostrando che, accanto alla cosiddetta grande sequenza, comprendente le cefeidi e le variabili a lungo periodo, esiste una seconda sequenza, probabilmente diversa dalla prima, comprendente variabili come le Novae, le variabili *SS Cygni* e le Novoidi del tipo *Z And*. Come le prime sono associate al gruppo delle supergiganti di tipo intermedio ed avanzato, così le variabili di questo secondo gruppo sembrano piuttosto associate alla sequenza principale, o meglio ad una sequenza parallela alla principale e considerevolmente meno luminosa<sup>(4)</sup>.

Nel concludere questa nota, ci è gradito rivolgere un particolare ringraziamento al sig. Bernasconi che con la sua appassionata attività ci ha permesso di compiere queste osservazioni.

*Merate, Osservatorio Astronomico, 20-XII-1948.*

## BIBLIOGRAFIA

- (1) GRATTON L. e KRÜGER E., Mem. Congr. Leverrier, 1946, pg. 22, (1948).
- (2) KING, H. A., **59**, 36, (1912).
- (3) BARBIER, Ann. d'Astroph., **7**, 80, (1944).
- (4) CECCHINI G. e GRATTON L., "Le Stelle Nuove", R. Acc. d'It. Mem. Cl. Sc. Fis. vol. XIII-1, (1941). Quest'opera viene indicata in seguito con "S. N.",
- (5) PLASKETT H. H., D.A.O., **4**, 119, (1928).
- (6) SWINGS P. e STRUVE O., Ap. J., **93**, 356, (1941).
- (7) GAPOCKIN C. P. e S., "Variable Stars", Harvard Monographs n. 5, p. 271, (1938).
- (8) S. N. pg. 33.
- (9) HERBIG G. H. e NEUBAUER F. J., A.S.P. Pubbl., **58**, 196, (1946).
- (10) Mc LAUGHLIN D. B., A.S.P. Pubbl., **58**, 159, (1946).
- (11) BERMAN L., A.S.P. Pubbl., **44**, 318, (1932).
- (12) HACHENBERG e WELLMAN, Z.f.Ap., **17**, 246, (1938).
- (13) WELLMAN, Z.f.Ap., **19**, 16, (1939).
- (14) WELLMAN, Sterne, **20**, 66, (1940).
- (15) SWINGS P. e STRUVE O., Ap. J., **91**, 546, (1940).  
 Id. Ap.J., **94**, 291, (1941).  
 Id. Ap.J., **95**, 152, (1942).  
 Id. Ap.J., **96**, 254, (1942).  
 Id. Ap.J., **98**, 91, (1943).  
 Id. Ap.J., **97**, 194, (1943).  
 Id. Ap.J., **101**, 224, (1945).
- (16) MERRIL, Spectra of Long Period Variable Stars, pg. 103 e sgg., (1940).
- (17) ADAMS W. e JOY A. H., A.S.P. Publ., **33**, 263, (1921).
- (18) LUNDMARK K., A.S.P. Publ., **33**, 271, (1921).
- (19) MINKOWSKI R., A.S.P. Publ., **51**, 54, (1939).  
 JOY A. H., A.S.P. Publ., **50**, 300, (1938).
- (20) SWINGS P. e STRUVE O., A.S.P. Publ., **52**, 199, (1940).
- (21) SAHADE J., H. C., 713.
- (22) SANFORD R. F., A.S.P. Publ., **58**, 240, (1946).
- (23) SANFORD R. F., A.S.P. Publ., **58**, 156, (1946).
- (24) GAPOCKIN C. P. e WRIGHT F. W., Ap. J., **104**, 75, (1946).
- (25) BLOCH M., Mem. Congr. Leverrier, 1946, pg. 15, (1948).  
 BLOCH M., DUFAY J., FEHRENBACH C. e TCHENG MAO-LIN, Ann. d'Astroph., **9**, 137, (1946).  
 Id., CR, **223**, 72, (1946).  
 Id., CR, **223**, 134, (1946).
- (26) STRATTON, Obs., **61**, 162, (1938).
- (27) WEAVER H. F., Ap. J., **99**, 292, (1944).
- (28) DYSON e WOOLLEY v. d. R., Eclipses of the Sun and Moon, Oxford, pg. 149, (1937)
- (29) EDLÉN B., Ark. f. Mat. Astr. och. Fys., **28**, 1B1, (1942).
- (30) RIGHINI G., R. Acc. d'It. Mem. Cl. Sc. Fis., **14**, 113, (1943).
- (31) ADAMS W. e JOY A. H., A.S.P. Publ., **45**, 301, (1933).
- (32) JOY A. H., A.S.P. Publ., **57**, 171, (1945).
- (33) JOY A. H. e SWINGS P., Ap. J., **102**, 353, (1945).
- (34) BRILL, Z. f. Ap., **3**, 373, (1931).
- (35) S. N., pg. 478, pg. 481.
- (36) BLOCH M., FEHRENBACH C. e TCHENG MAO-LIN, CR. **223**, 196, (1946).
- (37) S. N., pg. 444.
- (38) GERASIMOVIC B. P., Z. f. Ap., **7**, 335, (1933), **10**, 154, (1935).
- (39) UNSÖLD A., Sternatmosphären, Berlin, 1938, pag. 53.



- (40) Id., pg. 29.  
(41) S. N., pg. 496.  
(42) UNSÖLD A., Op. cit., pg. 189.  
(43) BAKER e MENZEL D., Ap. J., **86**, 70, 1937., **88**, 52, (1938).  
(44) OEHLER, A. N., **271**, 145, (1941).  
(45) KOSIREV, M. N., **94**, 430, (1934).  
(46) CHANDRASEKHAR S., M. N., **94**, 444, 1934., R.A.J., **11**, 557, (1934).  
(47) CHANDRASEKHAR S., Ap. J., **101**, 95, (1945).  
(48) SAYER A. R., H. A., **105**, 21, (1937).  
(49) CILLIÈ, M. N., **92**, 820, (1932).  
(50) MORGAN W. W. e DEUTSCH A., Ap. J., **106**, 362, (1947).  
(51) S. N., pg. 455.  
(52) SANFORD R. F., A.S.P. Publ., **59**, 87, (1947).  
(53) Mc LAUGHLIN D. B., A.S.P. Publ., **59**, 84, (1947).  
(54) S. N., pg. 470.  
S. N., pg. 530.  
(55) BLOCH M., CR, **224**, 802, (1947).  
(56) STRATTON F. J. M., in Hand. der Astroph. vol. VI, parte II, pag. 280, (1928).  
(57) Annals of the Solar Physics Obs., Cambridge, vol. IV, parte II, (1936). Spettri del  
25, 26 settembre e 9 ottobre della N Persei 1901 nella Tavola II.  
(58) U.A.I., Circ., n. 1038.  
(59) S. N., pg. 409.  
(60) DEUTSCH A., A.S.P. Publ., **60**, 120, (1948).  
(61) GAPOCKIN C. P. e S., Variable Stars, pag. 315  
(62) KUKARKIN e PARENAGO. N. N. V. S., **4**, 251, (1933).