

---

ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI  
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI  
**RENDICONTI**

---

FRANCESCO ZAGAR

**Le velocità spaziali delle stelle entro 25 parsecs dal  
Sole**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,  
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 57 (1974), n.3-4, p.  
199-203.*

Accademia Nazionale dei Lincei

[<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA\\_1974\\_8\\_57\\_3-4\\_199\\_0>](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1974_8_57_3-4_199_0)

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

---

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma  
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)  
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>



**Astronomia.** — *Le velocità spaziali delle stelle entro 25 parsecs dal Sole.* Nota (\*) del Socio FRANCESCO ZAGAR.

RESUMÉ. — Les vitesses spatiales de 1273 étoiles autour du Soleil fournissent d'abord le mouvement solaire par rapport à ce groupe. Successivement un groupe mineur représentatif de 274 étoiles est choisi et par l'examen des vitesses spatiales résidues (c'est-à-dire corrigées par le mouvement solaire) on trouve qu'il y a une remarquable tendance vers le centre galactique. L'ensemble des binaires visuelles qui se trouvent entre le même groupe autour du Soleil montre la même caractéristique.

Il Num. 5 degli Annali dell'Osservatorio di Greenwich [1] contiene il catalogo delle stelle entro 25 parsecs dal Sole con tutti i dati conosciuti fino all'epoca attuale, tra questi le tre componenti  $u, v, w$ , della velocità spaziale riferite al noto sistema galattico (origine nel Sole, asse  $u$  diretto al centro della galassia, asse  $v$  nel piano dell'equatore galattico a  $90^\circ$  di longitudine da  $u$  ed asse  $w$  normale ai due diretto al polo Nord galattico).

Questo prezioso e ricco materiale può dar luogo a molte ricerche di carattere statistico cinematico sul sistema locale (come chiameremo il gruppo di stelle del detto catalogo), ben sapendo che i risultati riguardano soltanto questo sistema e che la struttura generale della nostra galassia potrà avere altre caratteristiche.

1. Le 1371 stelle delle quali sono date le tre componenti suddette sono state dapprima utilizzate per dedurre le componenti  $u_0, v_0, w_0$ , del moto solare riferito al centroide del gruppo e ad assi paralleli ai predetti. Si è ritenuto come in altre ricerche sul moto solare opportuno escludere le stelle rapide, e in questo caso, stabilendo il limite della velocità spaziale a 100 km/sec, sono state escluse 98 stelle. Dalle rimanenti 1273 risultano:

$$u_0 = -\frac{1}{n} \sum u = + 8.4 \quad , \quad v_0 = -\frac{1}{n} \sum v = + 17.4 ,$$

$$w_0 = -\frac{1}{n} \sum w = + 7.4 \quad (\text{km/sec})$$

dai quali si hanno i soliti elementi del moto solare (sempre rispetto al sistema galattico coll'origine nel centroide del gruppo)

$$l = 64^\circ.2 \quad , \quad b = + 21^\circ.0 \quad , \quad V = 20.7 \quad \text{km/sec.}$$

2. Correggendo le componenti osservate  $u, v, w$ , per il moto solare, ponendo cioè

$$\bar{u} = u + u_0 \quad , \quad \bar{v} = v + v_0 \quad , \quad \bar{w} = w + w_0 ,$$

(\*) Pervenuta all'Accademia il 24 ottobre 1974.

si ottengono le cosiddette velocità residue, che non sono altro che le velocità spaziali delle stelle riferite al proprio gruppo, cioè al sistema galattico coll'origine nel centroide del gruppo e quindi indipendenti dal Sole.

Per lo studio delle proprietà statistiche di questi dati si possono seguire sia procedimenti grafici, sia procedimenti numerici, ma per una prima visione del fenomeno seguiremo una via diversa, pur capace di portarci a delle conclusioni interessanti ed anche abbastanza eloquenti.

Indicheremo d'ora in poi semplicemente con  $u, v, w$  le componenti delle velocità residue e indicheremo con  $\varphi_u, \varphi_v, \varphi_w$  rispettivamente l'angolo tra il vettore spaziale e il piano normale all'asse  $u$  (piano  $v, w$ ), all'asse  $v$  (piano  $u, w$ ) e infine all'asse  $w$  (piano dell'equatore galattico). Essendo questi angoli complementari ai rispettivi angoli con gli assi  $u, v, w$ , sarà

$$\begin{aligned} \text{sen } \varphi_u = \cos(90 - \varphi_u) &= \frac{u}{\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}}, & \text{sen } \varphi_v = \cos(90 - \varphi_v) &= \frac{v}{\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}}, \\ \text{sen } \varphi_w = \cos(90 - \varphi_w) &= \frac{w}{\sqrt{u^2 + v^2 + w^2}}. \end{aligned}$$

Il calcolo di questi dati per ciascuna delle 1273 stelle del gruppo costituisce un notevole aggravio, ma si ritiene che un risultato ugualmente attendibile possa emergere anche da un numero minore di oggetti, pur di sceglierli adeguatamente per formare un gruppo possibilmente rappresentativo. Si è stabilito di prendere pertanto ogni quinta stella dell'elenco del predetto catalogo, in tutto 274 stelle che forniscono i risultati che ora si espongono e che danno l'impressione di non falsare le reali condizioni del gruppo intero. Nella tabella che segue è riportata la distribuzione degli angoli  $\varphi$  in tre intervalli tra 0 e 90°, sia in numero che in percentuale, insieme al numero e alla percentuale che corrispondono ad una distribuzione uniforme.

	$\varphi_u$		$\varphi_v$		$\varphi_w$		DISTRIBUZ. UNIFORME	
	N.	%	N.	%	N.	%	N.	%
0-30°	77	28	144	53	199	73	137	50
31°-60°	116	42	104	38	62	22	101	37
61°-90°	81	30	24	9	13	5	35	13

Notiamo anzitutto la regolarità dell'andamento di questi numeri in senso orizzontale, ciò che appunto ci autorizza a ritenere rappresentativo questo gruppo minore estratto dal gruppo maggiore. Per i valori di  $\varphi$  tra 0 e 30° il numero va crescendo da 77 a 144 a 199, per quelli tra 31° e 60° esso va diminuendo da 116 e 104 a 62, infine per i valori di  $\varphi$  da 61° a 90° i numeri vanno ancora diminuendo da 81 a 24 a 13. Per l'angolo  $\varphi_w$  questa regolarità è spiccata

anche nella suddivisione di  $10^{\circ}$  in  $10^{\circ}$ , come risulta dalla tabellina seguente:

$0-10^{\circ}$	$11^{\circ}-20^{\circ}$	$21^{\circ}-30^{\circ}$	$31^{\circ}-40^{\circ}$	$41^{\circ}-50^{\circ}$	$51^{\circ}-60^{\circ}$	$61^{\circ}-70^{\circ}$	$71^{\circ}-80^{\circ}$	$81^{\circ}-90^{\circ}$
84	69	46	28	21	13	7	5	1

Ma le proprietà caratteristiche risultano dalle colonne verticali per i tre angoli  $\varphi_u$ ,  $\varphi_v$ ,  $\varphi_w$ . Cominciando dall'ultimo di questi si nota il forte concentrazione nei primi  $30^{\circ}$ , e cioè il 73% di tutte le stelle mostra una tendenza verso il piano  $(u, v)$  cioè verso l'equatore galattico; il 31%, essendo minore di  $10^{\circ}$  può addirittura dirsi parallelo al piano galattico. Negli altri due intervalli gli angoli  $\varphi_w$  sono corrispondentemente notevolmente al di sotto dei valori corrispondenti alla distribuzione uniforme. Per gli angoli  $\varphi_v$  non c'è nulla da dire, cioè la distribuzione delle inclinazioni sul piano  $(u, w)$  è pressoché omogenea, come si rileva dal confronto coi dati relativi alla distribuzione uniforme. Ma per gli angoli  $\varphi_u$  c'è un vero rovesciamento della distribuzione e in particolare per gli angoli da  $61^{\circ}$  a  $90^{\circ}$  si ha il 30%, ossia tale è il concentrazione delle direzioni delle velocità spaziali intorno all'asse  $u$  entro in cono di  $29^{\circ}$  di apertura. Risulta quindi una netta prevalenza non solo per il piano galattico equatoriale, ma anche per la direzione, in questo piano, verso il centro galattico o nel verso opposto.

Da un trattamento grafico risulta che il baricentro delle direzioni intorno all'asse  $u$  è solo lievemente spostato (di  $1^{\circ}.5$ ) con aumento di una sola unità (82) entro il cono predetto, cosicché si può affermare che si ha una marcata tendenza delle velocità spaziali del gruppo locale a disporsi (nei due diversi) lungo la direzione del centro galattico.

3. Può essere interessante conoscere se dei gruppi speciali di oggetti entro il sistema considerato si comportano similmente o mostrano delle divergenze sensibili. Ora, tra gli oggetti particolari che si possono prendere in considerazione a tale scopo si presenta in primo luogo l'insieme dei sistemi binari visuali contenuti nel gruppo. Da un confronto del catalogo di Woolley per le componenti  $u, v, w$  col catalogo delle orbite dei sistemi binari di Worley [2] risulta un centinaio di sistemi (esattamente 97) che possono essere utilizzati allo scopo. L'analogo alla tabella per il gruppo rappresentativo risulta allora come segue per i sistemi binari

	$\varphi_u$		$\varphi_v$		$\varphi_w$		DISTRIBUZ. UNIFORME	
	N.	%	N.	%	N.	%	N.	%
$0-30^{\circ}$	34	35	61	63	65	67	48	50
$31^{\circ}-60^{\circ}$	32	33	27	28	25	26	36	37
$61^{\circ}-90^{\circ}$	31	32	9	9	7	7	13	13

Si vede da questi dati, pur esigui per una statistica, che l'insieme dei sistemi binari entro 25 pc dal Sole segue con notevole approssimazione l'andamento generale del gruppo grande. Sarà pure interessante vedere se esiste qualche altro gruppo di oggetti scelti che presenta altre proprietà cinematiche, ciò che potrà essere argomento di altro lavoro.

4. Abbiamo già accennato che la preferenza delle velocità lungo la direzione del centro galattico avviene nei due versi, probabilmente in uguale numero, poiché tutto era riferito al centroide del gruppo. Viene perciò naturale di chiedersi come variano queste condizioni se il gruppo viene riferito ad un sistema di riferimento esterno. Per quanto riguarda il riferimento al Sole abbiamo già visto che il centroide del gruppo si muove (rispetto a Sole) lungo l'asse  $u$  (cioè con la componente  $u$ ) con una velocità di  $-8,4$  km/sec, per cui evidentemente - sempre con riferimento al Sole - le stelle del gruppo che tendono alla direzione  $u$  in prevalenza si allontanano con la velocità predetta dal centro della galassia.

Ma il riferimento al Sole è troppo particolare perché ci possa dare una visione più ampia del problema, per cui occorre cercare un riferimento più generale, come ad esempio sarebbe un sistema legato al blocco di tutte le stelle della galassia. Questo è manifestamente impossibile, ma limitandosi a sistemi più semplici e più facilmente definibili, ad esempio al sistema legato a tutte le stelle che stanno intorno al gruppo che abbiamo definito come locale intorno al Sole, diciamo meglio che stanno fuori del sistema locale fino a distanze che permettono ancora di avere dall'osservazione i dati che occorrono in questo problema, evidentemente sarebbe già un passo notevole verso lo studio più generale dei moti in questione. Anche nella forma ora accennata il problema in generale esigerebbe uno sforzo considerevole, ma per i nostri scopi, avendo in particolare il desiderio di sapere come si muove il sistema locale lungo l'asse  $u$ , cioè se è avviato verso il centro galattico o nel verso opposto, possiamo - seguire un procedimento semplificato che ci darà ugualmente il risultato cercato. Per ottenere quanto ora accennato, basta prendere in considerazione le velocità radiali osservate delle stelle del riferimento esterno che stanno nella direzione del centro galattico e nella direzione opposta, dalle quali agevolmente risulta la componente del moto del Sole nella direzione dell'asse  $u$  rispetto al riferimento esterno.

I dati per questa ricerca sono stati desunti dal «Catalogue of bright stars» di Hoffleit [3]. Essendo il centro galattico nella direzione positiva dell'asse  $u$ , esso ha le coordinate sferiche  $l = 0^\circ$ ,  $b = 0^\circ$ , alle quali corrispondono le coordinate equatoriali ordinarie  $\alpha = 17^h 40^m$ ,  $\delta = -29^\circ$ , mentre la direzione opposta è data da  $\alpha = 5^h 40^m$ ,  $\delta = +29^\circ$ . Prendendo in ambedue direzioni intorno all'asse  $u$  un cono di  $15^\circ$  di semiapertura (come per le stelle del gruppo locale), le stelle con velocità radiale conosciuta e parallasse minore di 0.04 (cioè più lontane di 25 pc) sono 142 nella prima direzione e 199 nella seconda, in totale in numero più che sufficiente allo scopo. La media delle prime è di  $-9.7$  km/sec, cioè questo gruppo si avvicina al Sole con questa velocità

e viceversa il Sole si muove verso questo gruppo con la velocità di  $+ 9.7$  km/sec, mentre la media delle seconde è di  $+ 11.1$  km/sec ossia il Sole si allontana da questo gruppo con la velocità ora detta; il Sole, riferito al blocco delle stelle esterne, si muove dunque con una velocità di  $+ 10.5$  km/sec (media pesata delle due ora riportate) verso il centro galattico.

Se ora ricordiamo che il gruppo locale ha rispetto al Sole la componente  $u$  uguale a  $- 8.4$  km/sec, risulta in definitiva che il gruppo locale come insieme si muove rispetto al riferimento esterno, cioè indipendente da esso, con una velocità di  $+ 2$  km/sec verso il centro galattico.

Sarebbe molto interessante conoscere come si modifichino queste conclusioni quando il sistema locale venga riferito ad altri enti nel cosmo, ad esempio a oggetti molto lontani nella galassia o addirittura fuori del nostro sistema stellare, ma anche questi problemi potranno essere trattati in eventuali future Note.

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] R. WOOLLEY, E. A. EPPS, M. J. PENSTON e S. B. POCOCK (1970) - *Catalogue of stars within twenty-five parsecs of the Sun*, « Royal Greenwich Observatory Annals », 5.
- [2] CH. E. WORLEY (1963) - *A catalog of visual binary orbits*. « Publications of the United States Naval Observatory II series », 18 (3).
- [3] D. HOFFLEIT (1964) - *Catalogue of bright stars*. Yale University Observatory, New-Haven.