

NOTES OF ASTROPHYSICAL PROCESSES

Giacomo Pannocchia

a.y. 2025-2026

*Knowledge without understanding
Is but a sword stuck in its sheath.*

Arthur Leywin,
The Beginning After the End

PREFACE

Something I'll write sooner or later.

CONTENTS

I	Theory	
1	Introduzione	3
	Bibliography	5

Part I
THEORY

1

INTRODUZIONE

In un suo articolo del 1952, Biermann [1] si propone di analizzare le anomalie osservate nel moto delle code delle comete, con l'intenzione di applicare i risultati della *fisica dei plasmi* in ambito astrofisico.

La materia ionizzata che costituisce le code delle comete presenta spesso accelerazioni dell'ordine di $100 g_{\odot}$, con g_{\odot} l'accelerazione di gravità solare superficiale.

Rebus sic stantibus, è impossibile attribuire un'accelerazione di tale entità alla pressione di radiazione solare, che porterebbe ad una forza di oscillazione per la transizione $\gtrapprox 20$, ovvero oltre due ordini di grandezza rispetto a quanto osservato.

Riprendendo l'analisi effettuata da Unsöld e Chapman [3], basata su osservazioni spettrografiche e nel radio, Biermann assume una densità massima alla radiazione corpuscolare del Sole di 10^5 ioni/cm³ per tempeste geomagnetiche molto intense, mentre in condizioni "normali" e magneticamente indisturbate, la densità di particelle di radiazione corpuscolare è di circa 10^3 ioni/cm³.

Le accelerazioni osservate sono compatibili con l'assunzione di un moto influenzato non solo dalla radiazione elettromagnetica prodotta dalla materia ionizzata, ma anche dalle collisioni tra le particelle che costituiscono la radiazione corpuscolare (elettroni e protoni) e le molecole ionizzate che compongono la coda stessa (e.g. CO⁺, N₂⁺ e altri ioni).

Per completezza, riporto a titolo di esempio l'equazione del bilancio dei momenti per una delle tre componenti coinvolte¹:

$$m_m \frac{d\mathbf{v}_m}{dt} + \mu_{mp} \gamma_{mp} (\mathbf{v}_m - \mathbf{v}_p) + \mu_{me} \gamma_{me} (\mathbf{v}_m - \mathbf{v}_e) = e\mathbf{E} + \frac{e}{c} [\mathbf{v}_m \mathbf{H}] \quad (1)$$

dove m_m è la massa della molecola, m_p e m_e rispettivamente massa di protone ed elettrone, \mathbf{v}_m la velocità delle molecole della coda, μ_{ij} (con i, j tra e, p, m) la massa ridotta della coppia di particelle i, j e γ_{ij} la probabilità che una particolare componente i collida con la componente j per unità di tempo. E, H, e e c hanno il significato usuale.

Ammettendo alcune semplificazioni, il sistema di tre equazioni può essere risolto. Notabilmente, assumendo densità numeriche di particelle dell'ordine di quelle stimate da Unsöld e Chapman, e una velocità per i protoni di $v_p \simeq 10^8$ cm/s, si ottengono accelerazioni per gli ioni CO⁺, N₂⁺ in un intervallo compreso tra $10^2 - 10^4$ cm/s².

Se ne deduce che le accelerazioni osservate per tali ioni nelle code possono essere consistentemente spiegate in termini di collisioni tra particelle della radiazione corpuscolare e molecole ionizzate.

Nelle sezioni a seguire, ci proponiamo sviluppare un modello di *vento solare* che possa essere realisticamente responsabile per l'eiezione di $10^{14} -$

¹ Per una trattazione completa, rimando all'articolo originale di Biermann [1].

10^{15} g di idrogeno ionizzato al secondo, con velocità di 1000 km/s, come si richiede per spiegare le osservazioni di Biermann. Nel fare ciò, adotteremo l'approccio seguito da Parker [2].

BIBLIOGRAPHY

- [1] L. Biermann. Physical Processes in Comet Tails and their Relation to Solar Activity. In P. Swings, editor, *Liege International Astrophysical Colloquia*, volume 4 of *Liege International Astrophysical Colloquia*, pages 251–262, January 1952.
- [2] E. N. Parker. Dynamics of the Interplanetary Gas and Magnetic Fields. *Astrophysical Journal*, 128:664, November 1958.
- [3] A. Unsold and S. Chapman. Optical and radiofrequency absorption by solar corpuscular bursts. *The Observatory*, 69:219–221, December 1949.