

Elementi di teoria della radiazione

G. Tosti

26 marzo 2012

Pressione di radiazione

Come abbiamo visto, la teoria della relatività di Einstein prevede che tutte le particelle, inclusi i fotoni, abbiano una quantità di moto data da:

$$p = \frac{E}{c}$$

Quindi un fascio di radiazione che incide su di un'superficie esercita una pressione P_r :

$$P_r = \frac{dp}{dt \, dA}$$

Data una superficie in grado di riflettere tutta la radiazione incidente, vediamo qual'è la pressione esercitata dalla radiazione su questa superficie. Se θ è l'angolo di incidenza della radiazione, ricordando che:

$$dE_\nu = I_\nu \, dt \, dA \cos \theta \, d\Omega$$

Pressione di radiazione

si ha:

$$P_r = \frac{1}{c} \oint I \cos^2 \theta d\Omega$$

Nel caso di radiazione isotropa:

$$P_r = \frac{1}{c} \int_{\phi=0}^{2\pi} \int_{\theta=0}^{\pi} I \cos^2 \theta \sin \theta d\phi d\theta$$

quindi:

$$P_r = \frac{1}{3c} \oint I d\Omega = \frac{4\pi}{3c} J$$

e poichè:

$$u = \frac{4\pi}{c} J \Rightarrow P_r = \frac{u}{3}$$

Alcuni esempi: Pressione della radiazione Solare

Sappiamo che:

$$P_r = \frac{dp}{dt dA} = \frac{dE}{c dt dA} \Rightarrow P_r = \frac{F}{c}$$

per il Sole $F_{\odot} \simeq 1367 \frac{W}{m^2}$ quindi

$$P_{\odot} = \frac{F_{\odot}}{c} \simeq 4.56 \cdot 10^{-6} \frac{N}{m^2}$$

Lebedev misurò per la prima volta l'effetto della pressione di radiazione sui solidi (1899) e sui gas (1907). L'effetto dovuto alla pressione di radiazione spiega l'orientazione delle code delle comete rispetto al Sole.

Alcuni esempi: Effetto su una particella

Una particella avente un raggio r , una densità ρ posta ad una distanza d dal Sole sarà soggetta ad una forza F data da:

$$\mathbf{F} = \mathbf{F}_g - \mathbf{F}_r$$

dove: $F_g = G M_\odot \frac{m}{d^2}$ e:

$$F_r = P_\odot \pi r^2 = \frac{F_\odot}{c} \pi r^2 = \frac{(4/3) r \rho}{(4/3) r \rho} \frac{L_\odot}{4 \pi d^2} \pi r^2 = \frac{3L_\odot}{16 \pi c r \rho} \frac{m}{d^2}$$

quindi:

$$F = \frac{G M_\odot m}{d^2} \left[1 - \frac{3L_\odot}{16 \pi c G M r \rho} \right]$$

$$M_\odot = 1.989 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$L_\odot = 3.846 \cdot 10^{26} \text{ W}$$

Se $r < 1 \text{ mm}$ la pressione di radiazione può dominare sulla forza di gravità.