

Astrophysics Laboratory

7 ottobre 2022

Indice

1	Introduzione	1
---	--------------	---

Lezione 1

gio 06 ott
2022 10:30

1 Introduzione

Si studiano le tecniche e la strumentazione utilizzate nelle osservazioni astrofisiche:

- grandezze ed osservabili in astrofisica;
- antenne, telescopi, ottiche;
- sistemi di rivelazione;
- caratterizzazione e calibrazione di rivelatori;
- sorgenti di rumore e motivi di limitazione alle osservazioni;
- tecniche di estrazione del segnale;
- analisi dei dati;

Le lezioni fanno riferimento alle bande spettrali radio, microonde e raggi cosmici.

Si descrivono le caratteristiche di alcuni oggetti e sorgenti astronomici: Sole, Luna, galassia, Radiazione cosmica a microonde. Vengono introdotti i raggi cosmici, si studiano le loro proprietà e come si possono osservare.

Grandezze ed osservabili astrofisiche. Le osservazioni fatte a 2.5 GHz sono molto disturbate. Tale frequenza è usata in molte applicazioni (Wi-Fi, microonde) perché è una radiazione che penetra i materiali.

Diverse frequenze forniscono un'immagine diversa del cielo. Si fanno osservazioni a 1.4 GHz cioè la frequenza della radiazione di transizione iperfina dell'idrogeno. Si osservano anche radiazioni di Bremsstrahlung.

Banda radio. Le tecniche radio si possono usare fino a frequenze di 1 THz. Questo limite è dato dall'utilizzo di ricevitori coerenti: misurano il campo elettrico. Oltre una certa frequenza, un ricevitore coglie solamente una media temporale. Questi sono i rilevatori incoerenti, non misurano la fase, sebbene continuano a misurare l'ampiezza. Con un'antenna si può osservare un solo modo spaziale e quindi esse operano in regime diffrattivo: si ha una figura di diffrazione. Si ha una relazione tra apertura ed angolo di osservazione

$$A\Omega = \lambda^2$$

dove A è la superficie di osservazione e Ω l'angolo solido. Queste due sono da intendersi come grandezze efficaci. Per ricevitori incoerenti, la relazione non è più valida, ma si ha

$$A\Omega \geq \lambda^2$$

si possono osservare più modi di radiazione.

Brillanza. Una sorgente è definita dalle caratteristiche della luce emessa e dalle sue proprietà geometriche. Un osservatore determina queste proprietà a partire da un sistema che ha una sua area sensibile dA ed un angolo solido $d\Omega$ [r].

La brillanza B (brightness) si definisce a partire dalla potenza ricevuta dalla sorgente

$$dW = B \cos \theta d\Omega dA d\nu$$

[r] Ricevendo N fotoni al secondo, allora il numero per unità di area, angolo solido e frequenza è

$$n = \frac{dN}{dA d\Omega d\nu} \implies B(\nu) = n(\nu)h\nu$$

La potenza per unità di frequenza w è

$$dw = B \cos \theta d\Omega dA$$

Quando la brillanza è uniforme si ha

$$w = \pi AB$$

Se è uniforme anche in banda spettrale, allora

$$W = \pi AB \Delta\nu = Nh\nu$$

Flusso. La densità di flusso S è

$$S = \int_{\Omega_{\text{sorg}}} B(\theta, \phi) d\Omega$$

La densità di flusso si esprime in Jansky

$$1 = 10^{-26} \text{ W m}^{-2} \text{ Hz}^{-1}$$

[r] Per passare al flusso bisogna integrare rispetto la frequenza

$$S' = \int_{\Omega_{\text{sorg}}} \int_{\nu} B(\theta, \phi) d\Omega d\nu = \int_{\Omega_{\text{sorg}}} B'(\theta, \phi) d\Omega$$

Flusso osservato. Un'antenna ha diversa efficienza in base alla direzione di osservazione. Sia $P_n(\theta, \phi)$ la risposta angolare normalizzata. Si definisce l'angolo solido dell'antenna

$$\Omega_A = \int P_n(\theta, \phi) d\Omega$$

Bisogna confrontare tale quantità con l'angolo solido della sorgente per studiare vari fenomeni osservativi. La densità di flusso osservata è

$$S_o = \int B(\theta, \phi) P_n(\theta, \phi) d\Omega$$

Per una sorgente puntiforme $\Omega_s \ll \Omega_A$ si ha

$$P_N \approx P_0 \approx 1, \quad S_o \approx P_0 \int_{\Omega_s} B(\theta, \phi) d\Omega \approx S$$

Si cattura tutto il flusso che arriva dalla sorgente. Aumentando la superficie di raccolta del telescopio, si restringe l'angolo solido perché $A\Omega = \lambda^2$, ma il flusso è identico. Per una sorgente estesa $\Omega_A \ll \Omega_s$ si ha

$$S_o \approx B(\theta, \phi) \int P_n(\theta, \phi) d\Omega \approx B(\theta, \phi) \Omega_A$$

Il flusso osservato è inferiore al flusso della sorgente ($S \approx B\Omega_s$):

$$S_o \approx B(\theta, \phi) \Omega_A \approx S \frac{\Omega_A}{\Omega_s} \ll S$$

In questo caso, aumentando la superficie di raccolta (l'angolo solido diminuisce), la potenza osservata rimane costante ($W = SA$), ma il flusso osservato diminuisce.

Brillanza osservata. La brillanza apparente è legata al flusso osservato

$$B_o = \frac{S_o}{\Omega_A}$$

La brillanza media è intrinseca alla sorgente

$$B_m = \frac{S}{\Omega_s}$$

Per una sorgente estesa si ha

$$B_o = \frac{S_o}{\Omega_A} \approx \frac{\Omega_A}{\Omega_s} \frac{S}{\Omega_A} = \frac{S}{\Omega_s} = B_m$$

Per la sorgente puntiforme si ha

$$B_o = \frac{S_o}{\Omega_A} = \frac{S}{\Omega_A} = \frac{\Omega_s}{\Omega_A} B_m \ll B_m$$

Corpo nero. Tutti i corpi emettono radiazione elettromagnetica. Un buon assorbitore è anche un buon emettitore (per Kirchhoff). Un assorbitore perfetto è il corpo nero. In natura esistono corpi neri quasi ideali in un intervallo limitato di frequenze. Per costruire un corpo nero si può utilizzare la cavità di corpo nero. Tale cavità si utilizza per la calibrazione degli strumenti.