

Unità didattica 2

Comprendere le onde elettromagnetiche

Introduzione

Questa unità si prefigge lo scopo di fornire le basi della conoscenza sulle onde elettromagnetiche, prima attraverso una semplice brochure, poi successivamente provocando l'interazione diretta dello studente attraverso un racconto fantastico. In quest'ultima parte lo studente è tenuto a compilare parte del testo svolgendo dei conti che lo aiuteranno a familiarizzare con ogni tipo di onda elettromagnetica.

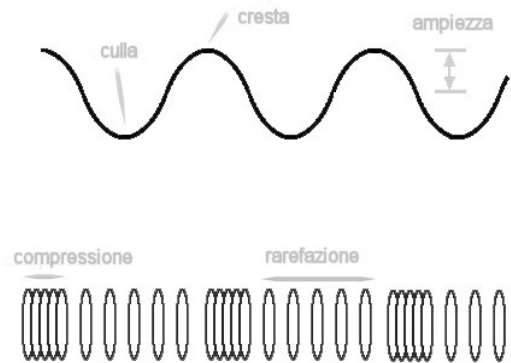
Lo scopo principale è quello di far conoscere la fisica situata nel fenomeno delle onde elettromagnetiche, la visione astronomica delle onde elettromagnetiche come messaggeri formidabili delle condizioni fisiche degli astri ed i molteplici utilizzi delle onde elettromagnetiche nella società moderna.

Questo documento è rivolto principalmente agli studenti delle classi medie superiori.

Il mistero delle onde elettromagnetiche

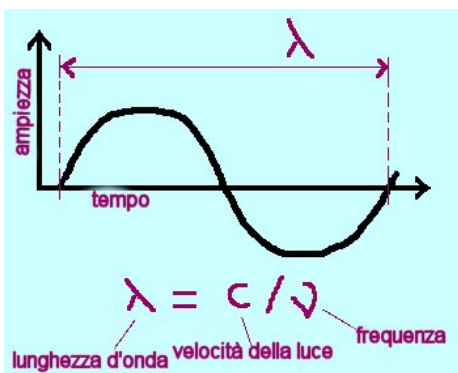
Per risolvere i problemi posti nel testo successivo consigliamo allo studente delle scuole medie inferiori l'uso dello *Spin-A-Spectrum* mentre agli studenti delle scuole superiori consigliamo di fare pratica con le formule delle onde servendosi di una calcolatrice scientifica.

In natura ci sono due tipi di onde, le onde trasversali e le onde longitudinali. Le onde longitudinali sono onde di compressione, quindi necessitano di un mezzo in grado di comprimersi per propagarsi nello spazio, il suono è un'onda di questo tipo. Per tale motivo il suono non può propagarsi nel vuoto.



Le onde trasversali sono onde in cui si verifica una oscillazione di una grandezza fisica in direzione perpendicolare alla direzione di moto. Se la grandezza fisica in questione è caratterizzata da una proprietà intrinseca della materia (come nel caso delle onde sismiche sussultorie) allora l'onda necessita di un mezzo per propagarsi, invece se la grandezza fisica in questione riguarda un campo di forza l'onda può propagarsi anche nel vuoto (è il caso delle onde elettromagnetiche).

La luce è un'onda elettromagnetica, in particolare la luce è caratterizzata da alcune condizioni fisiche che producono reazioni chimiche nelle cellule della retina del nostro occhio.



Sono 4 le proprietà che definiscono un'onda: l'ampiezza è il valore massimo (cresta) assunto dalla grandezza fisica che oscilla, la lunghezza d'onda è la distanza tra una cresta e la successiva, la frequenza è il numero di oscillazioni compiute in un secondo e la polarizzazione. Due di queste quattro grandezze sono legate tra loro dalla velocità di propagazione che nel

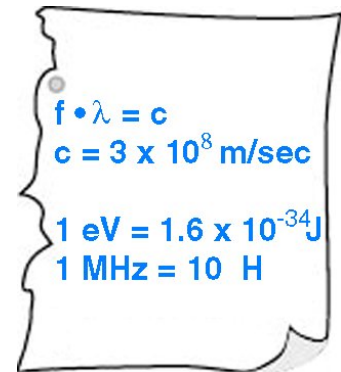
caso delle onde elettromagnetiche è la velocità della luce nel vuoto $c=300.000 \text{ km/s}$.

Se ora chiamiamo f la frequenza e λ la lunghezza d'onda la relazione che sussiste tra queste due grandezze è $\lambda=c/f$. Lo studente deve inoltre applicare diverse leggi della fisica delle onde elettromagnetiche, in breve qui elencate a seguito:

- $E = h \times f$ è la legge di Planck, E indica l'energia dell'onda elettromagnetica, f è la frequenza mentre h è la costante di Planck ($h=6,626 \times 10^{-34}$ J/s)
- $c = f \times \lambda$ lega la velocità di propagazione con frequenza e la lunghezza d'onda di un'onda elettromagnetica
- $\lambda_m \times T = 2,898 \times 10^{-3} \text{ m}^\circ\text{K}$ conosciuta come legge di Wien in cui λ_m è la lunghezza d'onda del massimo di emissione di un corpo nero mentre T è la temperatura in gradi Kelvin
- ricordiamo poi che $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ è la velocità della luce
- si tenga presente poi i seguenti fattori di conversione dell'energia:
 - $1 \text{ eV} = 1,6 \times 10^{-19} \text{ J}$
 - $1 \text{ keV} = 1000 \text{ eV}$
 - $1 \text{ MeV} = 10^6 \text{ eV}$
 - $1 \text{ GeV} = 10^9 \text{ eV}$
 - $^\circ\text{K} = ^\circ\text{C} + 273,15^\circ$

San Cristoforo

Nella splendida cittadina di San Cristoforo, bagnata dalle acque del mare, sulla cima delle montagne orientali si erge la stazione radio di Punta Sud. Entrando negli studi di registrazione è possibile notare immediatamente che l'emissione del segnale avviene in modulazione di frequenza con un'onda portante a 100,3 Mhz. 500 metri più a valle in direzione ovest la ditta Wave S.r.l fabbrica antenne per le abitazioni lunghe _____ metri pari alla metà della lunghezza d'onda dell'emittente radio.



Nello stesso giorno il sindaco annunciava alla cittadinanza un discorso alla radio a mezzogiorno in punto! All'approssimarsi del mezzogiorno la maggior parte delle radio degli abitanti di San Cristoforo vennero accese con l'intenzione di ascoltare l'annuncio del sindaco.

La via Lattea

Il sindaco cominciò il suo discorso ricapitolando l'impegno del comune e della regione nel finanziamento alla ricerca scientifica, in particolare il comune aveva finanziato un nuovo sensore infrarosso accoppiato al CCD ottico del telescopio comunale. Il nuovo rivelatore funzionava nell'intervallo di energia tra 1 eV e 10^{-3} eV. Le onde elettromagnetiche di più bassa energia, spiegava il direttore dell'osservatorio dopo che il sindaco gli aveva concesso la parola, con una lunghezza d'onda di _____ metri consentivano di osservare le dense e fredde nubi di polvere che producono quella striatura oscura al centro della Via Lattea.

Ci meritiamo il premio Nobel

Le sorprese non finiscono qui, dopo l'annuncio dato dal direttore dell'osservatorio, prese la parola Valeria, una ricercatrice impiegata all'osservatorio. Valeria affermò – i nostri sforzi in campo tecnologico ci hanno permesso di ottenere immagini di ammassi stellari in formazione all'energia di 0,13 eV con una risoluzione senza precedenti – poi la ricercatrice continuò – abbiamo visto pianeti in formazione con temperatura di _____ °K che presentano massimo di emissione proprio nella

regione di 0,13 eV – concludendo poi – questa è una ricerca che meriterebbe il premio Nobel perché non erano mai stati osservati pianeti in formazione nei dischi protostellari!

Una grande notizia

Quel pomeriggio il capo redattore del più importante quotidiano locale ha incaricato immediatamente i reporter Roberto, Vanessa e Luigi di effettuare una seria intervista ad alcuni ricercatori dell'osservatorio con l'intenzione di preparare un opuscolo speciale da allegare ad un numero della settimana successiva.

Quando si presentarono all'istituto, i tre reporter vennero accolti a braccia aperte. Immediatamente Vanessa, la più furba dei tre, chiese quale fosse il tipo di lavoro che stava dietro ad una ricerca così complessa. Vanessa venne accontentata e portata nell'ufficio della ricercatrice Sara. L'ufficio di Sara pareva un mondo strano ma, lo sguardo di Vanessa si diresse subito sul monitor di un computer: una bella immagine dalle sfumature rosso e verdi appariva sul monitor, in alto una scritta inglese che significava “immagine infrarossa della nebulosa di Orione M42” ed infine una finestra accanto con un grafico sovrapposto a delle croci e alla scritta “massimo a $4,6 \times 10^{14}$ Hz. Vanessa chiese a Sara di che cosa si trattasse. Sara, con la sua solita calma accompagnata da una forte emozione da ricercatrice, rispose che era lo spettro di una nube di polveri attorno ad una stella, poi continuò la ricercatrice – La luce e l'infrarosso sono radiazioni elettromagnetiche, noi con un dispositivo le separiamo in ogni loro frequenza, ciò che si ottiene è lo spettro. – Vanessa mai soddisfatta della risposta degli scienziati rispose – Perché osservare lo spettro? - Sara continuò – Possiamo usare lo spettro per studiare la composizione dell'astro. Inoltre funziona molto bene come termometro, infatti c'è una formuletta con la quale conoscendo la frequenza del massimo di emissione è possibile ricavare la temperatura dell'astro. Ad esempio questo disco di polveri ha il massimo di emissione a $4,6 \times 10^{14}$ Hz e, applicando la formuletta, si ottiene una temperatura di _____ °K. –

Nel frattempo Roberto si era intrufolato nello studio dell'astrofisico Luciano. A sinistra sull'immensa parete dominava un poster con una chiazza arancione in mezzo

e un grafico con la scritta emissione a 511 keV! Roberto accese immediatamente il registratore portatile e chiese all'astrofisico di cosa si trattasse. Luciano rispose – Io lavoro con l'osservatorio Integral, si tratta di un satellite dell'Agenzia Spaziale Europea che dispone di un telescopio ed uno spettrometro a raggi gamma. – poi l'astrofisico continuò – 511 keV corrispondono ad una lunghezza d'onda _____ metri, ed ad un'energia di _____ joule in grado di interagire con le molecole dell'alta atmosfera. Per questo motivo necessitiamo di un telescopio su satellite per osservare la volta celeste nei raggi gamma, infatti l'atmosfera terrestre a queste lunghezze d'onda è opaca. Roberto, molto perplesso rispose – Non è un buon telescopio, l'immagine mi sembra molto confusa e poco nitida, vero? – Il professore rispose – il campo abbracciato da questa immagine è molto grande, la risoluzione è scarsa. Lavorare con fotoni di energia da 511 keV significa lavorare con lunghezze d'onda di _____ metri, ben inferiori ai 10^{-10} metri della distanza interatomiche. Ciò significa che un fotone di questa energia penetra all'interno della materia, rendendo impossibile la focalizzazione con gli specchi. Occorre usare il processo di diffusione Compton per determinare la direzione di provenienza dei fotoni. Purtroppo – continuò il professore – questo processo comporta grandi incertezze sulla direzione di provenienza dei fotoni trasformando sorgenti puntiformi in macchie confuse. –

Luigi invece si addentrò nella sala del progetto Swift, il giornalista notò subito due consolle di collegamento con i progetti Chandra e XMM-Newton e chiese il perché di una collaborazione tra i team di queste due missioni.

Un addetto alla missione di nome Giovanni spiegò a Luigi che il progetto Swift cercava lampi gamma ad energie comprese tra 1 e 150 keV, corrispondenti a lunghezze d'onda comprese tra _____ metri e _____ metri. – A queste lunghezze d'onda le onde elettromagnetiche non possono essere focalizzate con specchi e lenti, perciò utilizziamo una maschera codificata cioè una maschera con regioni opache e trasparenti per la radiazione che vogliamo osservare. I pieni ed i vuoti della maschera sono disposti secondo un certo ordine –a questo punto Luigi intervenne – non c'è il rischio di peggiorare le prestazioni del telescopio? — No!

rispose Giovanni. – Con procedimenti matematici complessi riusciamo a ricostruire la posizione della sorgente con una precisione senza precedenti, lo stesso metodo è applicato sul telescopio IBIS a bordo di INTEGRAL. – Aggiunse poi – Purtroppo questo metodo non è applicabile per fotoni di energia superiore a 10 MeV, infatti a loro corrisponde una lunghezza d'onda di _____ m alla quale tutte gli elementi della maschera diventano trasparenti. È il caso dell'osservatorio GLAST che opera tra l'energia di 100 MeV e 100 GeV corrispondenti a lunghezze d'onda tra _____ metri e _____ metri. –

I tre giornalisti furono poi accompagnati da un addetto in sala conferenze dove un rinfresco era stato imbandito appositamente per loro e dove vennero consegnati poster, fotografie e opuscoli delle missioni spaziali.

Nel primo pomeriggio i tre fecero ritorno nella sede del quotidiano locale con le idee chiare su come impostare l'allegato previsto per la settimana successiva.

Ogni riferimento a luoghi e persone è puramente casuale, i personaggi e la città sono stati inventati.