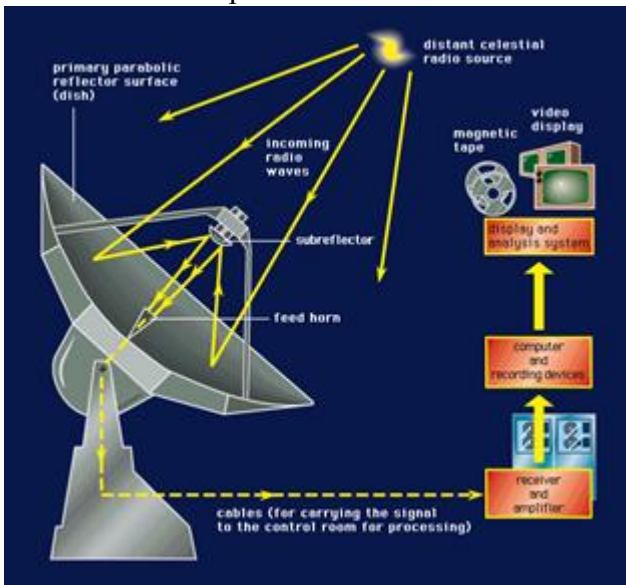


Lunedì 4/07/2016

Dopo aver parlato dell'organizzazione giornaliera per le due settimane di stage (dal 4/07 al 15/07), è stata presentata un'introduzione sull'astronomia, scienza che studia l'Universo, e sulla sua storia: dai greci, che fin dall'antichità osservavano il cielo a occhio nudo, a Galilei con il primo telescopio.

I corpi celesti possono emettere radiazioni su tutto lo spettro elettromagnetico (raggi gamma, raggi X, ultravioletti, luce visibile, infrarossi, microonde, onde radio). Non tutte le radiazioni provenienti dagli oggetti celesti, come le stelle e le galassie, giungono sulla superficie terrestre, in quanto l'atmosfera le scherma, proteggendoci anche dalle radiazioni più pericolose come i raggi X e gamma. La luce visibile e le onde radio riescono a penetrare l'atmosfera; è proprio grazie a quest'ultime che noi, attraverso i radiotelescopi, riusciamo a studiare il cielo radio.

Il radiotelescopio è uno strumento che capta le onde radio attraverso specifici "specchi" e, per mezzo di un'opportuna strumentazione, riesce a trasformare tale radiazione in corrente elettrica misurabile ed amplificabile da cui si ricavano immagini radio della volta celeste.



Abbiamo visto due tipi diversi di radiotelescopi presenti a Medicina: la Croce del Nord e la parabola radioastronomica.

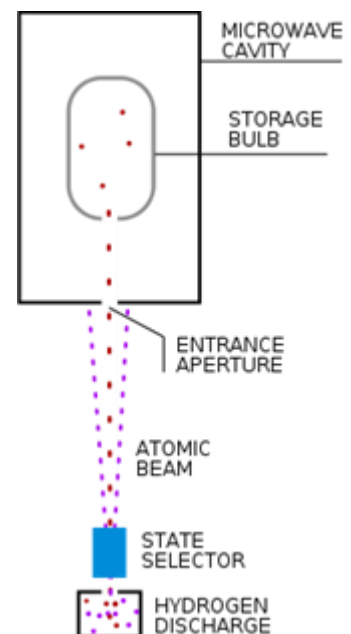
Nella Croce del Nord sono presenti dei fili in acciaio, distanziati di qualche centimetro, che costituiscono lo specchio del radiotelescopio, che rilevano le onde radio le quali vengono poi riflesse su ricevitori collegati tutti da fili elettrici che, unendosi, vanno fino alla sala ricevitori dove i dati vengono analizzati.

Il principio della parabola è simile, solo che invece dei fili in acciaio è presente una superficie piena ricoperta di pannelli in alluminio che riflette le onde radio su un eventuale specchio secondario, il quale le riflette nuovamente in basso in corrispondenza dei ricevitori.

Appreso come la radioastronomia riesce a studiare i corpi celesti, siamo arrivati all'obiettivo vero e proprio di questo stage: creare un video per il centro visite "M. Ceccarelli" in cui deve essere spiegato, in modo semplice, cos'è, come funziona e a cosa serve il MASER a idrogeno (strumento utilizzato per le osservazioni radioastronomiche, ormai in disuso, che verrà smontato e le sue parti verranno esposti insieme al video).

Il MASER è un orologio atomico, ovvero un orologio un miliardo di volte più preciso di un orologio da polso, che funziona a idrogeno. Attraverso vari meccanismi l'idrogeno molecolare viene trasformato in idrogeno atomico, successivamente gli elettroni vengono eccitati e lanciati in un ampolla isolata in cui essi decadono liberando un fotone a 21 cm che dà un impulso a un sistema elettronico legato a un orologio al quarzo. L'oscillatore al quarzo definisce lo scorrere del tempo, il MASER serve a stabilizzare tali oscillazioni su periodi di tempo superiori ai 100 secondi.

Il MASER serve sia per i radiotelescopi, quando operano in interferometria, sia per i satelliti che forniscono posizioni accurate di oggetti sulla superficie terrestre.



Nel pomeriggio dopo la pausa pranzo abbiamo visitato le strutture presenti nella stazione radioastronomica: la Croce del Nord, la parabola radioastronomica e la sala ricevitori.

La Croce del Nord è stata inaugurata nel 1964. Inizialmente erano previsti quattro bracci che avrebbero poi dovuto formare una croce ma un braccio non è mai stato realizzato.

La parabola invece è stata inaugurata nel 1983: ha un diametro di 32m ed è stata installata su una rotaia circolare che le permette di girarsi di 360°. In Italia è stata la prima parabola installata, successivamente ne sono state realizzate altre due: una gemella in Sicilia (che è la parabola più a sud in Europa) e un'altra di 64 metri di diametro a Cagliari inaugurata nel 2013.

Martedì 5/07/2016

La lezione di oggi si è basata sulla spiegazione teorica di concetti quali: l'interferenza e la diffrazione, da cui deriva l'interferometria.

Le due caratteristiche principali di un sistema ottico sono:

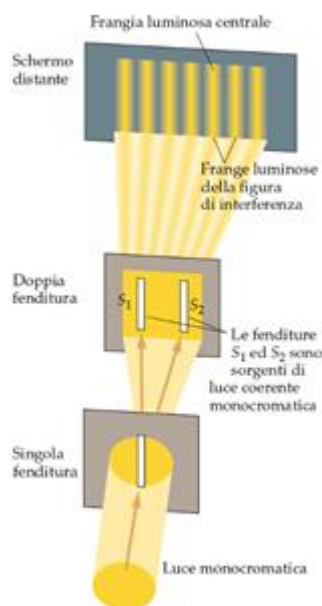
- **Sensibilità:** capacità di rilevare segnali deboli, aumenta con la superficie di raccolta (D^2 dove D è il diametro dello strumento).
- **Potere risolutivo:** capacità di distinguere due oggetti vicini (λ/D , dove λ è la lunghezza d'onda e D il diametro dello strumento).

Per migliorare il potere risolutivo si deve diminuire il rapporto tra la lunghezza d'onda e il diametro. Dunque, questo è possibile in due modi: osservare lunghezze d'onda più corte, ma queste non possono essere più corte di 1 mm se si osserva in banda radio, oppure aumentare il diametro dello strumento, ma anche con un radiotelescopio di 64 metri di diametro non si riescono ad osservare strutture più piccole di un terzo della Luna.

Negli anni Sessanta si cercò di fare parabole sempre più grandi (anche di 100 m di diametro, ad esempio Effelsberg in Germania) fino a costruire anche strumenti di 300 m di diametro inseriti in cavità naturali (come quello Arecibo a Porto Rico): strumenti sicuramente più precisi di quelli precedenti, ma senza la possibilità di muoversi per puntare regioni diverse del cielo. D'altronde, costruire oggetti così grandi orientabili per osservare punti diversi del cielo sarebbe stato ingegneristicamente impossibile a causa della loro forza peso.

Questa "gara" a costruire radiotelescopi sempre più grandi andò avanti fino a quando nel 1980 in New Messico si applicò il principio dell'interferometro.

Per spiegare bene l'interferometria è necessario fare un passo indietro introducendo i concetti di *interferenza e diffrazione*.



Interferenza:

questo fenomeno è dovuto alla sovrapposizione, in un punto dello spazio, di due o più onde.

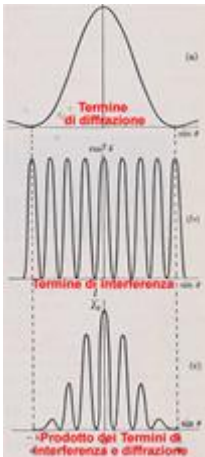
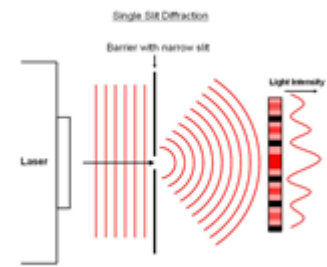
Due onde generate da sorgenti a frequenza differente non danno luogo ad interferenza in quanto le oscillazioni con periodi diversi sono disaccoppiate. Dunque, l'unico modo per osservare l'interferenza è disporre di due o più *sorgenti coerenti*, ovvero sorgenti che emettono onde della stessa frequenza e che mantengono la differenza di fase costante (negli esperimenti si usa una sorgente unica che si fa passare per due fenditure in modo tale che si divida in due sorgenti totalmente coerenti).

L'interferenza può essere *costruttiva* quando l'intensità risultante è maggiore rispetto a quella di ogni singola intensità originaria, e *distruttiva* in caso contrario. Di conseguenza, si potranno osservare regioni in cui l'interferenza è totalmente costruttiva (dette massimi di interferenza, corrispondenti a frange luminose chiare) alternate ad altre

in cui l'interferenza è totalmente distruttiva (dette minimi di interferenza, corrispondenti a frange scure non illuminate).

Diffrazione:

Fenomeno fisico associato alla deviazione delle onde dalla propagazione rettilinea quando queste incontrano un ostacolo sul loro cammino. Se l'ostacolo è costituito da un piano con un'apertura di dimensione piccola ma non puntiforme si ottiene una figura di diffrazione: frange scure si alternano a frange chiare, la cui luminosità decresce spostandosi dal centro.



Interferenza + Diffrazione

Prendiamo un piano sul quale sono praticate due o più fenditure di piccole dimensioni. Se un'onda monocromatica incide sulle fenditure possiamo ottenere, su di uno schermo posto a grande distanza, una figura che mostra frange chiare e scure della stessa larghezza (come nell'interferenza) ma, la cui intensità è modulata dalla diffrazione.

Interferometria :

I primi ideatori di un interferometro furono Michelson e Morley: lo inventarono per dimostrare la presenza dell'etere. Anche se questo scopo non fu raggiunto, l'interferometro rimase un'importante invenzione.

In radioastronomia, l'interferometria è utilizzata per aumentare il potere risolutivo dello strumento: anziché costruire un radiotelescopio di enormi dimensioni, si mettono in correlazione tra loro diversi radiotelescopi piccoli che operano insieme (osservando la stessa sorgente) come le fenditure di un reticolo di diffrazione. Così facendo il parametro D nella formula del potere risolutivo non è più il diametro della singola antenna ma è la massima distanza tra le antenne; perciò più le antenne sono distanti, migliore sarà il potere risolutivo (a confronto della sensibilità che invece sarà tanto migliore quanto più grande è l'area delle singole antenne, indipendentemente dalla loro distanza).

Il primo interferometro radioastronomico è stato costruito in New Messico con il progetto VLA (Very Large Array): si tratta di un radiotelescopio costituito da 27 antenne di diametro di 25 m l'una, legate fisicamente tra loro e disposte a Y, così da ottenere un potere risolutivo di una parabola di 40 km di diametro.

L'immagine che si ottiene da radiotelescopi interferometrici non è un'immagine completa come quella che si ricava da una parabola radioastronomica, ma questa deve essere ripulita per effetto dell'interferenza e della diffrazione (ma anche delle varie interferenze date dalle emissioni di onde radio delle televisioni o dei cellulari per esempio) attraverso un lavoro di *CLEAN* (pulizia dell'interferenza e della diffrazione) e *RESTORE* (ricostruzione dell'immagine pulita).

Questo utilizzo dell'interferometria risulta molto più comoda ed efficace; da questa scelta sono derivati radiotelescopi interferometrici tra cui:

- ✓ VLBI (Very Long Baseline Interferometry): grande rete europea che prevede, in alcune occasioni, il collegamento di tutti i radiotelescopi d' Europa per l'osservazione di oggetti celesti.

- ✓ SKA (Square Kilometre Array, posizionato in Sud Africa e in Australia): progetto ancora da realizzare che prevede la costruzione di migliaia di radiotelescopi su un'estensione complessiva di migliaia di chilometri. Questo progetto consentirà uno studio dell'Universo molto più approfondito di quanto lo sia ora.

Mercoledì 6/07/2016

Oggi abbiamo parlato del MASER (Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation): alcuni cenni storici, come funziona e in quali campi viene utilizzato.

Cenni storici

Il primo MASER fu costruito nel 1953 alla Columbia University da C. H. Townes, J. P. Gordon e H. J. Zeiger. L'apparecchio doveva energizzare le molecole di ammoniaca per l'amplificazione delle microonde alla frequenza di 24 GHz.

Prima dell'invenzione del MASER, per ottenere un tempo il più preciso possibile, si utilizzava il petrolio, in particolare il cherosene (questo metodo si utilizzava anche per la Croce del Nord di Medicina): questa sostanza rallentava di un certo tempo il segnale (corrente elettrica) derivante da ogni "braccio" e, sapendo la distanza tra i vari strumenti, si poteva risalire all'istante esatto dell'arrivo dell'onda radio su ogni braccio per poi ricostruire l'immagine radio (ovviamente era molto meno preciso del MASER oggi).

Il funzionamento del MASER

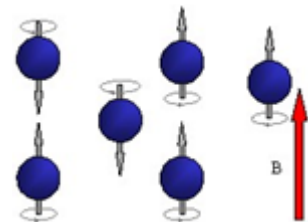
Per capire cosa avviene nel cuore del MASER, è necessario sapere cosa vuol dire quando un atomo viene eccitato e come si comporta quando si trova in questo stato.

Per rappresentare un atomo possiamo usare il modello planetario, ovvero quello in cui si rappresenta un nucleo centrale formato da protoni e neutroni e degli elettroni che gli ruotano intorno, ma non solo, ruotano anche su loro stessi (rotazione chiamata SPIN).

L'atomo di idrogeno (utilizzato anche nel MASER) è costituito da un protone al centro che ruota su se stesso in un certo verso e un elettrone che, oltre a girare intorno al nucleo, può girare su se stesso in due versi: o nello stesso verso del protone (SPIN PARALLELO), o nel verso opposto (SPIN ANTIPARALLELO).

La maggior parte degli atomi hanno lo spin antiparallelo perché così sono a un livello energetico più basso e quindi sono più stabili.

Nel MASER, per ottenere un impulso, gli elettroni devono decadere liberando fotoni. Questo avviene perché: nel dissociatore vengono divise le molecole di idrogeno "spezzandole" in atomi; successivamente, nel selettore, attraverso un magnete, gli atomi di idrogeno vengono forzati ad avere spin parallelo e poi fatti entrare nell'ampolla. Qui, restano nello stato eccitato per circa un secondo, poi decadono (tornano allo stato fondamentale, ovvero quello di stabilità) liberando energia sotto forma di un fotone a 21 cm.



Quindi, in sintesi, l'idrogeno all'interno del MASER segue questo percorso: dalla *bombola di idrogeno* in cui è contenuto viene emesso in un tubo e il suo flusso viene regolato da varie *valvole* tra cui *quella al palladio* che ne controlla la pressione mediante una corrente elettrica. Poi viene fatto entrare prima nel *dissociatore*, il quale si occupa di separare le molecole di idrogeno (si passa da idrogeno molecolare a idrogeno atomico), poi nel *selettore* che forza gli atomi ad avere spin parallelo. A questo punto, l'idrogeno è pronto per entrare nell'*ampolla di quarzo* in cui decade liberando un fotone.

Questa energia emessa dagli elettroni ha lunghezza d'onda di 21 cm; sapendo questo, con la formula *lunghezza d'onda * frequenza = c* in cui *c* è la velocità della luce, si riesce a ricavare la frequenza che è costante e precisissima (1420,405751 Mhz). Questa frequenza viene raccolta da un *antenna* posta all'interno dell'ampolla e, attraverso un sistema di amplificazione, arriva all'*oscillatore al quarzo*. Questo viene stabilizzato dall'impulso che riceve (la frequenza da cui si possono ricavare istanti precisissimi) e diventa un orologio che statisticamente perde 1 secondo in 100.000 anni.

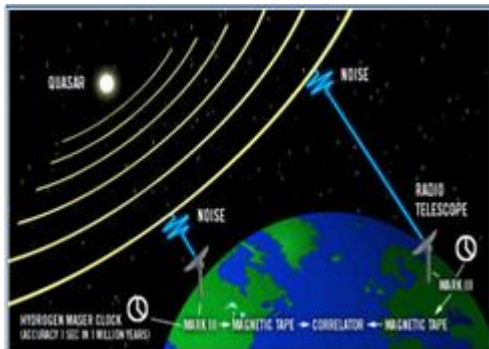
Le applicazioni del MASER

Il MASER è utilizzato in vari campi scientifici tra cui il posizionamento satellitare (GPS) e la radioastronomia.

- GPS: il navigatore satellitare emette un segnale (onde radio) che arriva ai satelliti che lo raccolgono e lo rimandano alla sorgente. Per arrivare ai satelliti ci impiega un certo tempo; conoscendo il tempo impiegato si riesce a rilevare la distanza del mezzo dal satellite e, quindi, con il lavoro sincronizzato di più satelliti si riesce a risalire alla sua posizione esatta. Poiché il segnale viaggia alla velocità della luce, è necessario uno strumento, come può essere il MASER, in grado di registrare l'esatto istante in cui arriva il segnale per individuare la posizione di macchine, barche, aerei con la precisione del centimetro.



Infatti, se l'orologio sbagliasse anche solo di un nanosecondo si avrebbe un errore di 30 cm.



- In radioastronomia il MASER è utilizzato per l'interferometria: siccome le onde radio del corpo celeste osservato arrivano prima su un radiotelescopio e, dopo un determinato intervallo di tempo, su un altro a seconda della loro posizione, è indispensabile avere un orologio precisissimo che possa segnare l'istante in cui arrivano le radiazioni in modo da poterle sincronizzare e ricostruire l'immagine della sorgente.

Giovedì 7/07/2016

Oggi è stata svolta una lezione sulla **comunicazione della scienza**.

Il lavoro dello scienziato non è solo fare degli esperimenti, ma prevede un "percorso" ben preciso: osservazione di un fenomeno, ipotesi, sperimentazione e, se la sperimentazione conferma l'ipotesi, è necessaria una tesi finale che non solo deve essere comunicata alla comunità degli scienziati, ma anche al pubblico generico (comunicare la scienza = condividere conoscenze logicamente organizzate); se non si fa questo ultimo passaggio di comunicazione, tutto il lavoro precedente risulta inutile in quanto non utilizzato da nessuno.

La teoria delle comunicazioni prevede che per comunicare sia necessaria una *fonte*, che attraverso un determinato *linguaggio* e un determinato *canale*, invii le informazioni al *destinatario*, che deve riuscire a comprendere affinché la comunicazione sia efficace.

FONTE → CODIFICA → CANALE → DECODIFICA → DESTINATARIO

L'efficacia del processo comunicativo dipende in parte dal destinatario: se si ha davanti un altro scienziato, si dovrà adoperare un tipo di linguaggio, se si ha davanti un bambino, si utilizzerà un altro linguaggio più opportuno.

Dunque, si può suddividere il linguaggio in più livelli:

- LINGUAGGIO ALTO: per un pubblico di scienziati che sanno approfonditamente l'argomento che viene discusso. E' un linguaggio specifico in cui non si spiegano i concetti base e si inseriscono molte formule senza spiegarne ogni singolo simbolo in quanto è dato per scontato che il pubblico davanti sappia comprenderli.
- LINGUAGGIO MEDIO: per un pubblico non particolarmente esperto dell'argomento in sé, ma conosce l'argomento generale. E' un linguaggio preciso in cui si riprendono i concetti base e in cui si va sul particolare anche se non si mettono formule (oppure se queste sono presenti vengono spiegate).
- LINGUAGGIO BASSO: per un pubblico che non conosce l'argomento trattato. Si utilizzano immagini, schemi, esempi, per far capire in modo immediato i contenuti generali.
- DIDATTICA: per gli studenti di qualsiasi ordine e grado. E' un linguaggio semplice, ma preciso, in cui si spiegano i contenuti generali dell'argomento.

Abbiamo guardato da dei siti internet vari esempi di testi scientifici diversi dal tipo di linguaggio: da un testo di alto livello, a uno di livello medio-alto, fino a uno per la didattica.

A questo punto abbiamo parlato del video che dovremo realizzare per spiegare il funzionamento e le applicazioni del MASER. Lo storyboard dovrà avere un linguaggio medio-basso in quanto il nostro pubblico sarà il più generico possibile: da bambini a universitari, da astrofili a gente comune. Per linguaggio medio-basso quindi intendiamo un linguaggio ricco di immagini, schemi, video, immediati da capire per bambini, ma il testo che metteremo dovrà essere abbastanza preciso in modo da interessare anche persone con un livello di conoscenze più avanzato.

Per capire bene come fare e cosa serve uno storyboard, nel pomeriggio abbiamo guardato prima lo storyboard di un filmato in 3D sulla radioastronomia, e poi il filmato stesso.

Venerdì 8/07/2016

Nella giornata odierna abbiamo realizzato lo storyboard della presentazione/video riguardate il MASER che dovrà essere esposta al Centro Visite M. Ceccarelli.

TESTO	SCENEGGIATURA
MASER (Microwave Amplificator by Stimulated Emission Radiation)	Subito immagine del MASER e successivamente comparsa della scritta
Il MASER qui affianco è stato collegato per più di 30 anni alla parabola di Medicina per osservazioni radioastronomiche	Si rimpicciolisce l'immagine del MASER precedente compare la parabola e un collegamento che collega il MASER alla parabola
Il MASER è un orologio atomico un miliardo di volte più preciso di un orologio da polso. La sua estrema accuratezza è fondamentale in vari campi come ad esempio in radioastronomia e per il posizionamento satellitare	MASER con segno di Ok e orologio da polso con croce sopra. A seguire comparsa di una parabola e di un satellite per GPS come GALILEO
Il navigatore satellitare manda un segnale al satellite che lo riceve e lo rinvia alla sorgente. Il segnale inviato impiega un certo tempo a raggiungere il satellite. Noto il tempo è possibile	Immagine introduttiva sul GPS e a seguire video GPS preso dal sito di Galileo ESA con testo come sottotitolo. ELIMINATA

determinare la distanza del mezzo e quindi, usando più satelliti, è possibile individuare la sua posizione. Pertanto è necessario un'estrema precisione temporale in modo da ottenere una posizione la più corretta possibile	
Un altro importante impiego del MASER sono le osservazioni radioastronomiche	Immagine dei vari radiotelescopi come per SETI ELIMINATA
Quando più radiotelescopi osservano contemporaneamente lo stesso oggetto, il segnale arriverà prima su un'antenna e dopo un certo tempo sull'altra. Bisogna conoscere esattamente l'istante di tempo in cui arrivano i segnali in modo da poterli sincronizzare e ricostruire l'immagine della sorgente	Animazione analoga a quella della geodesia
Principio fisico e funzionamento: L'idrogeno contenuto all'interno della bombola viene mandato in circolo nell'impianto. Le molecole di idrogeno vengono separate in atomi, e successivamente gli atomi di idrogeno vengono eccitati da un campo magnetico. All'interno dell'ampolla entrano solo questi atomi, dove restano per circa un secondo prima di decadere. Decadendo gli atomi emettono un fotone con lunghezza d'onda di 21 cm, il quale può essere rilevato mediante un'opportuna antenna. La possibilità di rilevare tale segnale permette di avere una misura di tempo con uno scarto di 1 secondo ogni 100000 anni.	Video del funzionamento del MASER tratto da GALILEO ESA con testo come sottotitolo.
ELEMENTI: BOMBOLA sorgente di idrogeno molecolare; in 30 anni la pressione interna è passata da 100 bar a 2 bar (utilizzo pochissimo idrogeno)	Immagine generale del MASER selezione della bombola e zoom per farla vedere da vicino con immagine o video
ELEMENTI: VALVOLE: Permettano al passaggio della giusta quantità di idrogeno. In particolare la valvola al palladio, con un'opportuna tensione elettrica, regola il flusso di H necessario al funzionamento del MASER	Immagine generale del MASER selezione delle valvole e doppio zoom per farle vedere da vicino con immagine o video
ELEMENTI: SORGENTE DI CAMPO MAGNETICO: eccitano gli atomi di idrogeno introducendo nell'ampolla solo gli atomi di idrogeno con lo spin parallelo scartando gli altri	Immagine generale del MASER selezione del selettore e zoom per farlo vedere da vicino con immagine o video
ELEMENTI: AMPOLLA DI QUARZO: è il cuore del MASER dove vengono introdotti gli atomi di H con spin parallelo. Rimangono qui per 1 secondo prima che avvenga l'inversione di spin e la conseguente emissione di fotoni a 21 cm.	Immagine generale del MASER selezione dell'ampolla e zoom per farla vedere da vicino come immagine o video

ELEMENTI: ANTENNA Raccoglie la radiazione emessa dall'inversione di spin	Immagine generale del MASER selezione dell'antenna e zoom per farla vedere da vicino come immagine o video
ELEMENTI: SCUDI e POMPE A VUOTO: 3 scudi termici più 4 scudi magnetici più 2 pompe per creare il vuoto. Questi strumenti elementi sono fondamentali per isolare il MASER dalle interferenze termiche e magnetiche esterne	Immagine generale del MASER selezione degli scudi e delle pompe con zoom multipli per visualizzarli
Il segnale raccolto dall'antenna viene amplificato e utilizzato per accordare e stabilizzare un oscillatore al quarzo come quello degli orologi normali. Siccome la frequenza è nota con un'estrema precisione (1420,405751 Mhz), si ha una grande accuratezza nelle misure di tempo riuscendo ad ottenere una precisione con una deviazione di 1 secondo ogni 100.000 anni.	Animazione a immagine che mostra il segnale che va verso l'impianto di amplificazione
	Video finale dello smontaggio
	Titoli di coda

Per non superare i 4-5 minuti di video, due diapositive sono state eliminate.

Lunedì 11/07/2016

Per alcuni problemi, oggi non siamo riusciti a fare le riprese dello smontaggio del MASER. Quindi, avendo fatto lo storyboard venerdì, abbiamo iniziato la presentazione arrivando fino alla spiegazione del funzionamento del MASER. Inoltre, avendo portato gli strumenti per riprendere e fotografare siamo andati nel laboratorio in cui era presente il MASER e abbiamo fatto le foto agli elementi visibili che vogliamo mettere nella presentazione (bombola di idrogeno, valvole, dissociatore, pompe per creare il vuoto).



Martedì 12/07/2016



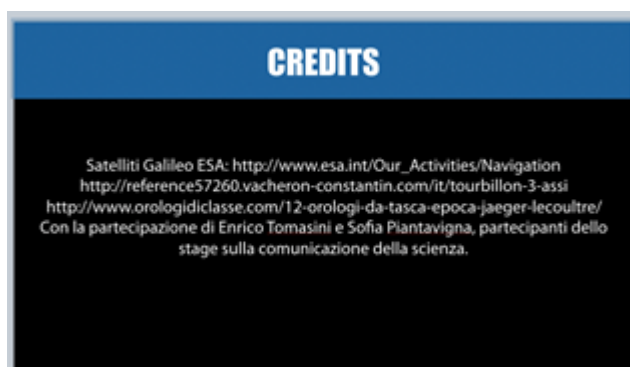
Oggi, dopo aver posizionato le telecamere in diverse posizioni per avere più punti di vista e sistemato le luci al fine di ottenere un'immagine migliore, sono state fatte tutte le riprese mentre noi smontavamo nel modo opportuno ogni scudo del MASER fino ad arrivare a vedere l'ampolla di quarzo.

Nel pomeriggio abbiamo riguardato le riprese fatte e abbiamo iniziato a scegliere i video migliori.

Mercoledì 13/07/2016, Giovedì 14/07/2016, Venerdì 15/07/2016

In questi giorni abbiamo continuato la realizzazione della presentazione seguendo il nostro storyboard, modificando in alcuni punti il testo così da renderlo più scorrevole.

Ecco delle foto del lavoro svolto:



A cura di:

Sofia Piantavigna – Liceo Scientifico opzione Scienze Applicate A. B. Sabin

Enrico Tomasini – Liceo Artistico Francesco Arcangeli indirizzo Multimediale