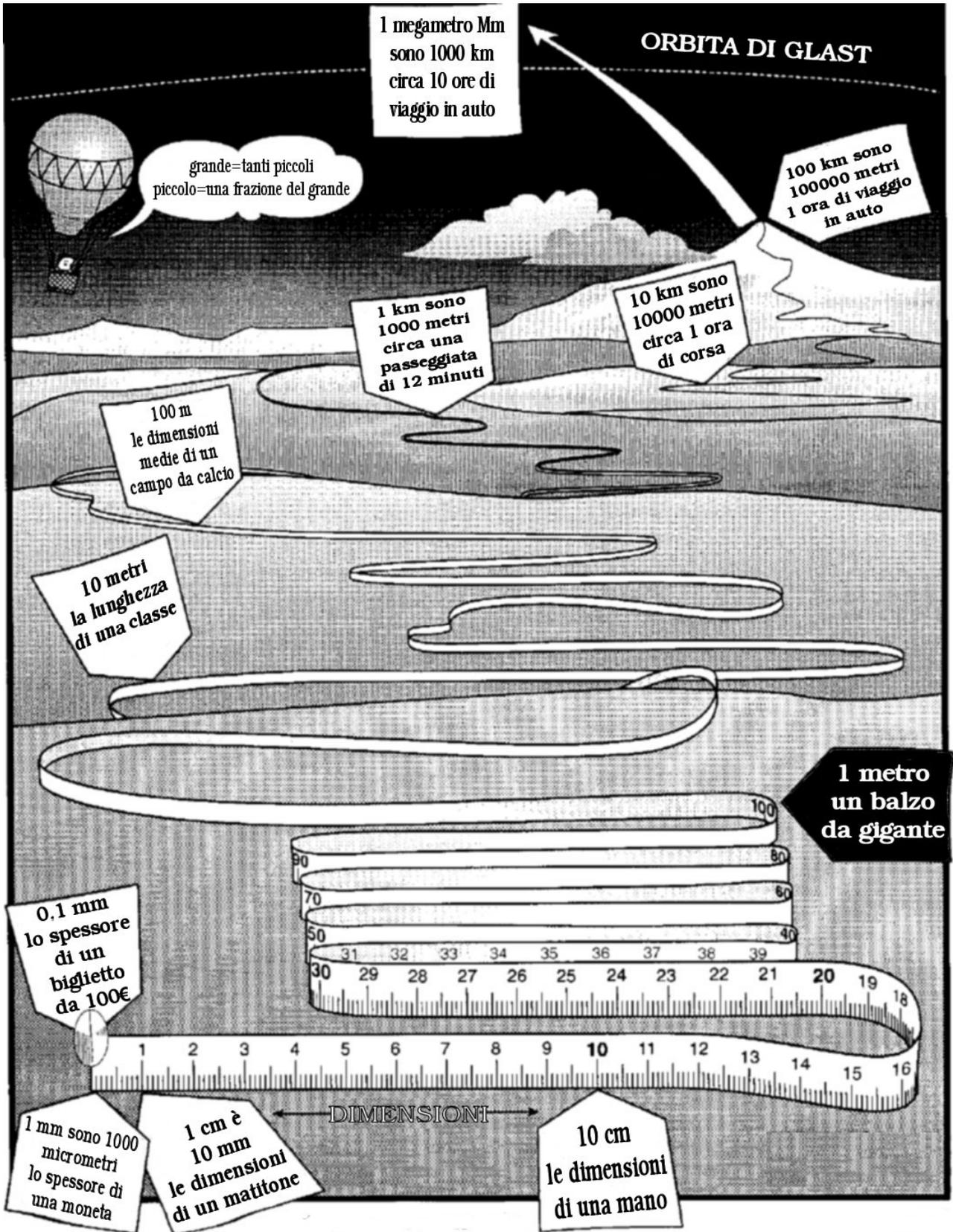


Unità didattica 9



versione Italiana
a cura di
Patriazia Caraveo
Roberto Maccagnola

IL NASTRO LUNGO



Introduzione

Questa unità didattica si prefigge lo scopo di introdurre le scale di dimensioni degli oggetti e dei sistemi fisici e gli ordini di grandezza necessari per la loro descrizione. Questo è un argomento molto delicato, necessario allo studente affinché acquisisca sufficiente dimestichezza con l'uso della notazione esponenziale per calcoli in semplici problemi di fisica e chimica.

Pensiamo che questo tipo di attività possa essere un mezzo efficace ed utile per stimolare lo studente verso la comprensione degli ordini di grandezza che entrano in gioco in fisica. Le attività si propongono di utilizzare oggetti reali con cui gli studenti hanno a che fare, per descrivere il mondo e l'universo che ci circonda affiancandogli poi la notazione esponenziale utilizzata nei problemi di fisica. Lo stimolo può essere reso più interessante utilizzando dei confronti sui tempi di viaggio: se un'automobile potesse raggiungere la Luna quanto tempo impiegherebbe?

Proponiamo anche una serie di esercizi da presentare agli studenti. Tali esercizi hanno anche il difficile compito di introdurre spesso ad una descrizione logaritmica delle grandezze ed al concetto di ordine di grandezza particolarmente utile per rendersi conto dei rapporti tra le dimensioni presenti in natura, rapporti che spesso vengono alterati nei grafici, nei diagrammi e nelle raffigurazioni presenti sui libri di testo. L'attività potrebbe risultare utile nella descrizione delle scale di rappresentazione delle carte geografiche e topografiche.

Un viaggio molto strano

Agli inizi del secolo scorso una lettera inviata dall’Australia impiegava diverse settimane per essere recapitata in Italia, oggi è tutto molto più semplice e veloce, l’evoluzione tecnologica, oltre ad aver migliorato la nostra vita, ha velocizzato le nostre comunicazioni. Infatti, con la posta elettronica, in pochi decimi di secondo un’e-mail viene recapitata da un server Australiano al nostro server¹ in Italia dove aspetta di essere letta.

Naturalmente tutto ciò toglie la percezione immediata delle distanze in gioco: una lettera ordinaria inviata da Pavia a Milano viene consegnata con furgoncino, mentre una e-mail viaggia con il segnale elettromagnetico nei cavi telefonici ad una velocità molto più alta.

Con quest’attività proponiamo una riflessione sulle dimensioni in gioco del nostro universo, partendo dalle distanze più comuni, in pratica quelle che percorriamo quotidianamente di cui abbiamo già un’idea mentale, per poi addentrarci nell’aspetto più ostico da immaginare, le distanze cosmiche e le distanze atomiche.

Attività 1: il diario metrico

Abbiamo chiamato questo capitolo “Un viaggio molto strano” a causa dell’attività che stiamo proponendo. Ogni mattina tu, come studente compi un viaggio, un percorso che va da casa fino a scuola; anche a scuola, soprattutto durante la ricreazione, ti trovi a percorrere il corridoio, o a spostarti verso il cortile della scuola per prendere una boccata d’aria fresca, in ogni occasione hai a che fare con delle distanze e delle grandezze che variano di diversi “ordini di grandezza”.

Non abbiamo ancora introdotto il concetto di “ordine di grandezza” e lo introdurremo in seguito, ora il nostro scopo è quello di farti capire che non possiamo assolutamente farne a meno, anche nella realtà quotidiana.

¹ Il Server è un computer che dispone di dischi di capacità notevole e avente il compito di gestire il traffico internet

Attività 3

Obiettivi: confrontare una lunghezza con un oggetto fisico e introdurre l'ordine di grandezza

Fotocopiate il nastro lungo e consegnatelo alla classe.

- Partendo dall'unità di misura di 1 metro scrivete alla lavagna seguendo il percorso del nastro lungo le varie unità di misura costituenti i multipli e i sottomultipli del metro. Prima di procedere è necessario fare alcune considerazioni, nella vita quotidiana siamo abituati a cambiare nome ad ogni multiplo relativo, ne sono un esempio misure come mm, cm, dm, metro, dam, hm oppure g, dam, hg, kg... In astrofisica e in discipline scientifiche per motivi di praticità si preferisce non utilizzare tutti questi nomi, si ritiene più semplice utilizzare le potenze di 10 e aggiungere un apposito prefisso all'unità di misura ogni fattore 1000, corrispondente a 3 ordini di grandezza. Proviamo allora ad esercitarci con questo nuovo metodo.
 - ☆ Scrivete : **1m, 10m, 100m, 1km, 10km, 100km, 1Mm ...**
 - ☆ Ad alta voce: **un balzo da gigante, la lunghezza di un'aula, le dimensioni di un campo da calcio, una passeggiata di 12 minuti, un'ora di corsa, un'ora di viaggio in auto, la lunghezza dell'Italia corrispondente a 10 ore di viaggio in auto...**
 - ☆ Scrivete : **1dm, 1cm, 1mm, 0,1mm, 0,01mm, 1µm ...**
 - ☆ Ad alta voce: **le dimensioni di una mano, lo spessore di un matitone, lo spessore di una moneta, lo spessore di un foglio di carta...**
 - ☆ Scrivete: **1, 10, 100, 1000, 10000,...**
 - ☆ Scrivete: **1, 0,1, 0,01, 0,001, 0,0001...**
 - ☆ Leggete i numerici scritti come: **1, 10, 10x10, 10x10x10, 10x10x10x10,...**

- ☆ Leggete i numeri scritti come: **1, 1/10, 1/100, 1/1000, 1/10000,...**
- ☆ Scrivete: **$10^0, 10^1, 10^2, 10^3, 10^4, ...$**
- ☆ Ad alta voce: **0 ordini di grandezza più grandi, 1 ordine di grandezza più grande, 2 ordini di grandezza più grandi, 3 ordini di grandezza più grandi, 4 ordini di grandezza più grandi...**
- ☆ Scrivete: **$10^0, 10^{-1}, 10^{-2}, 10^{-3}, 10^{-4} ...$**
- ☆ Ad alta voce: **0 ordini di grandezza più piccoli, 1 ordine di grandezza più piccolo, 2 ordini di grandezza più piccoli, 3 ordini di grandezza più piccoli, 4 ordini di grandezza più piccoli...**
- Converti i decimali in potenze di 10:
 - ☆ L'insegnante dica il numero e lo studente risponda con una potenza di 10
 - Uno = 10^0
 - Un miliardo = 10^9
 - Diecimila = 10^4
 - ☆ L'insegnante dica una potenza di 10 e lo studente risponda con un numero
 - Dieci alla uno = 10
 - Dieci alla sesta = 1000000
 - Dieci alla meno due = 1/100

MATERIALI

Per affrontare questa attività è necessario disporre di :

- ☆ Una fotocopia del nastro lungo
- ☆ Un quaderno, una matita e una gomma, questi materiali sono assunti come strettamente necessari per tutte le attività didattiche successive
- ☆ Una calcolatrice, si tratta di uno strumento opzionale cioè, tale che una sua assenza non pregiudichi l'attività didattica.

Unità d'analisi

Un biglietto da 5 € è spesso a malapena 0,1 mm, allora 50 € in banconote da 5 € sono spesse 1 mm, mentre 500 € costituirebbero una mazzetta dello spessore da 1 cm.



In una pagina di quaderno, aiutandoti con un righello, traccia una riga orientata e costruisci una scala graduata senza utilizzare i millimetri e i centimetri ma prova ad utilizzare come unità di misura lo spessore di un biglietto da 5 €.



Ora nel semipiano opposto a quello in cui hai graduato la scala in euro riscrivi le stesse grandezze esprimendole in termini delle potenze di 10.

ORDINI DI GRANDEZZA

8 ore giorno	5 giorni settimana	48 settimane anno
-----------------	-----------------------	----------------------

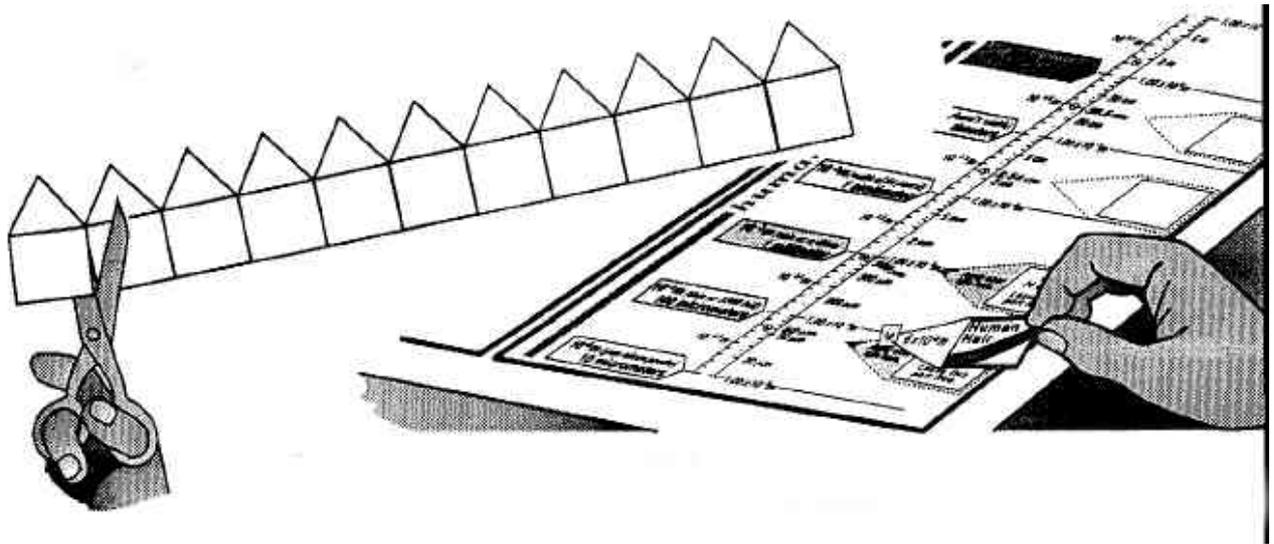
16 ore giorno	6 giorni settimana	52 settimane anno
------------------	-----------------------	----------------------



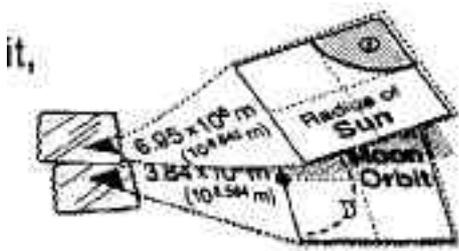
Con riferimento all'immagine qui a fianco prova a costruire una tabella che pone a confronto una grandezza con l'ordine di grandezza.

Lo spessore di un CD	$\approx 1,2 \text{ mm}$	
Il periodo di Geminga	$\approx 0,2 \text{ s}$	
Il periodo della cometa di Halley	$\approx 76 \text{ anni}$	1 secolo
Le dimensioni di un piccolo asteroide	$\approx 50 \text{ m}$	
La massa di un'auto	$\approx 1500 \text{ kg}$	
La massa di una persona	$\approx 70 \text{ kg}$	
Un turno di lavoro	$\approx 8 \text{ ore}$	
La durata di una partita di calcio	$\approx 90 \text{ minuti}$	1 ora

ORDINA LA DISTANZA



Prendi ora i marcatori di distanza, ritagliali e ordinali in scala crescente. Fotocopia ora le due pagine che costituiscono le scale logaritmiche e incolla su di esse con del nastro adesivo non permanente i marcatori precedentemente ritagliati.



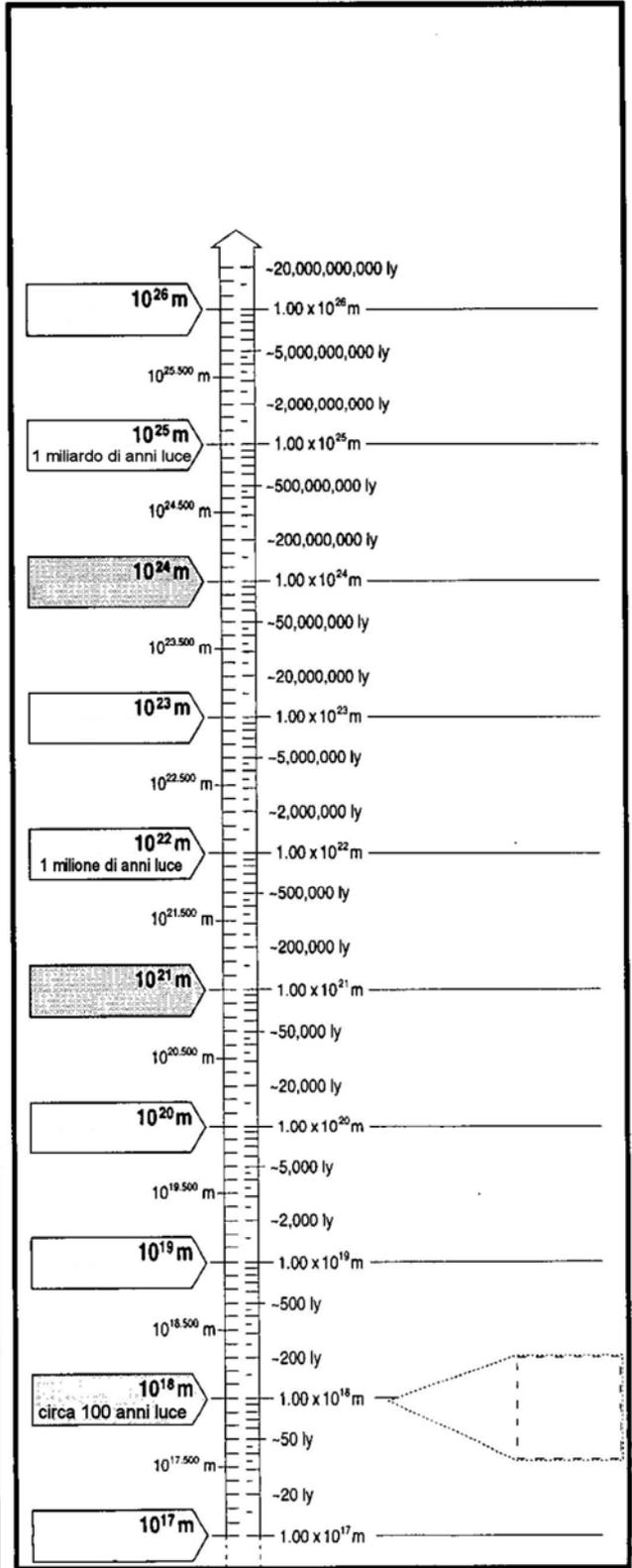
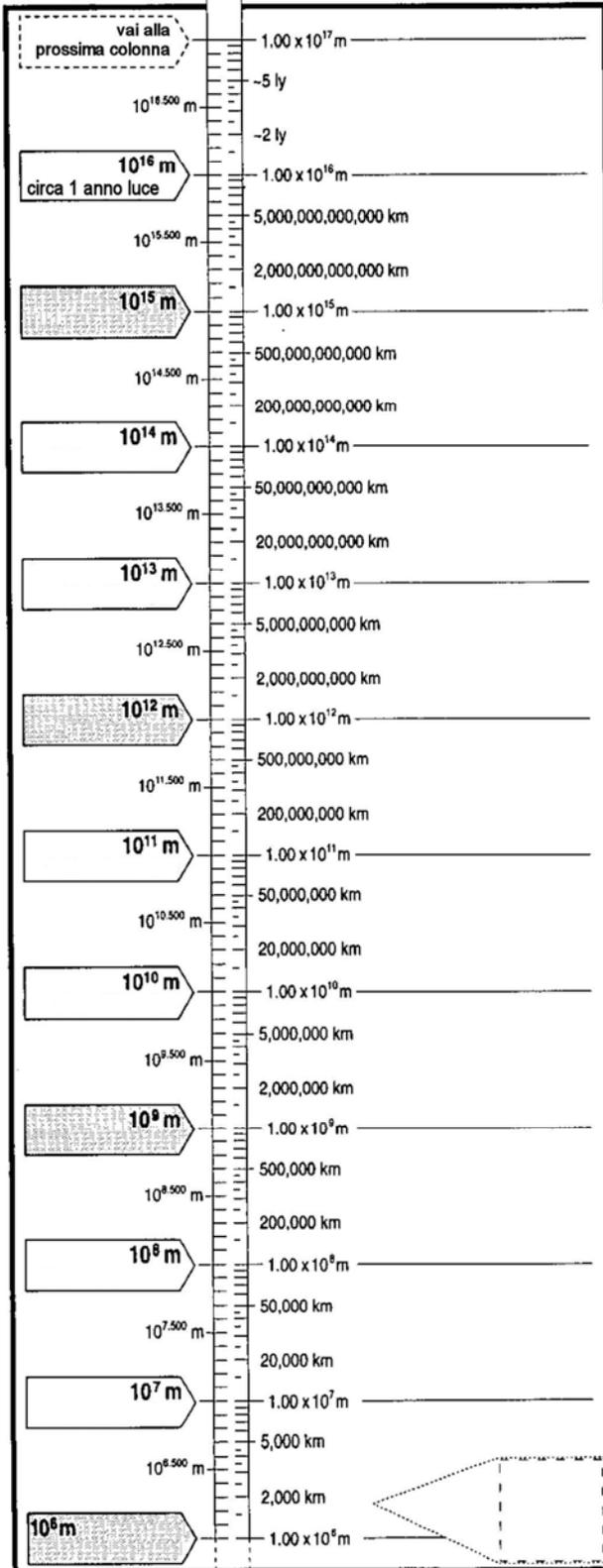
Ricordati che è importante posizionare l'indice di ciascun marcatore sulla tacca giusta, ciò è possibile anche ruotando la posizione dei marcatori come mostrato in figura in modo che le punte delle frecce indichino la posizione corretta rendendo visibili anche le indicazioni

scritte.

la scala logaritmica

sistema solare e stelle vicine

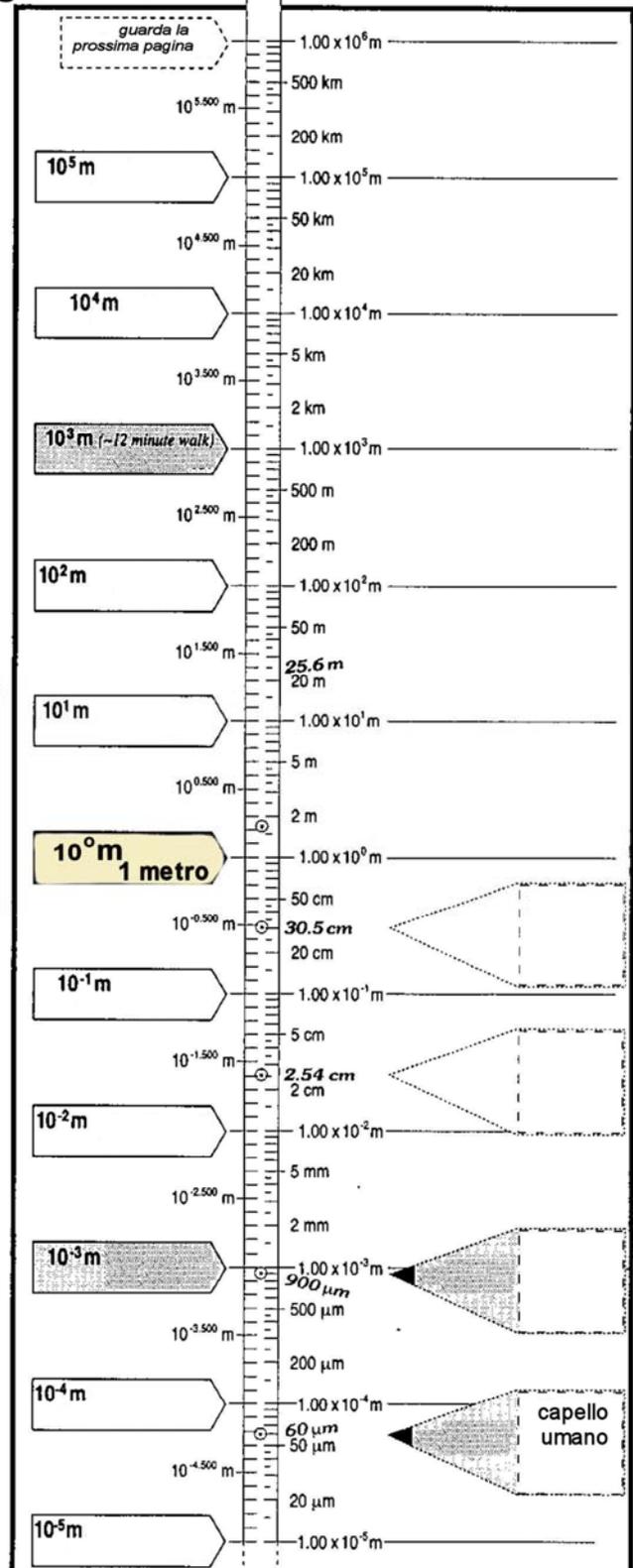
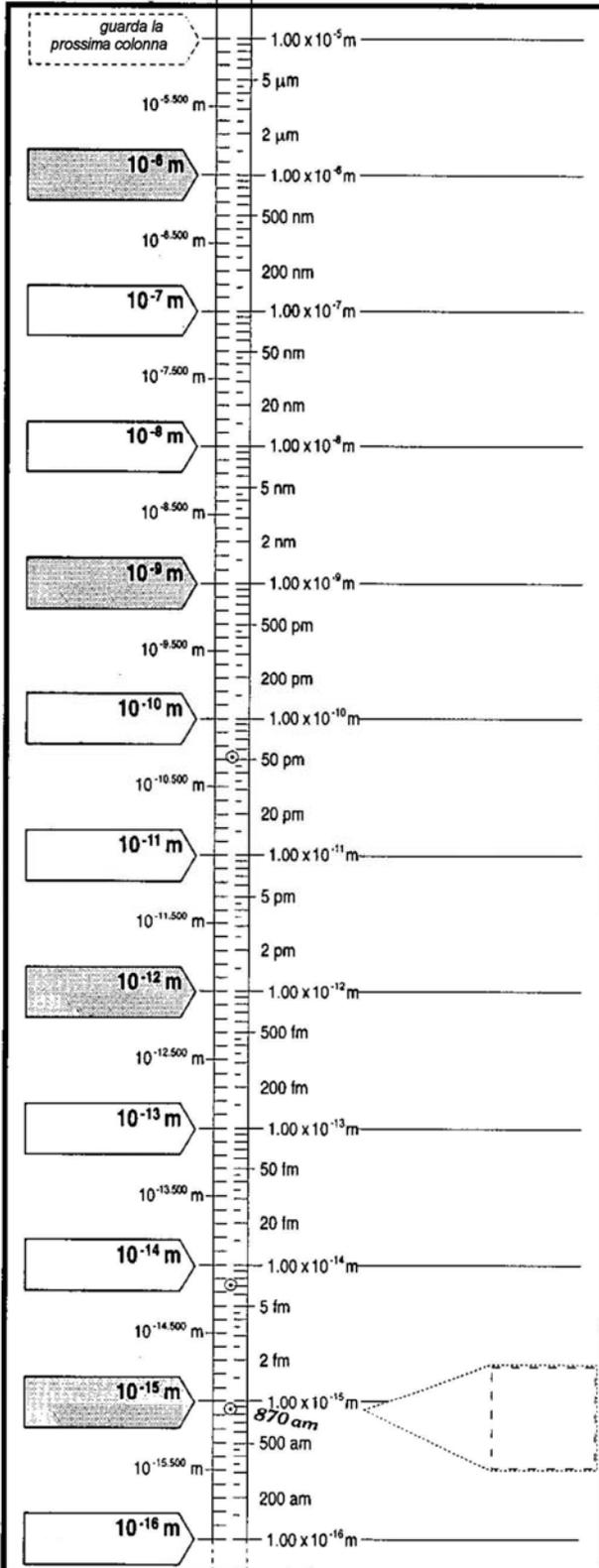
scala astronomica



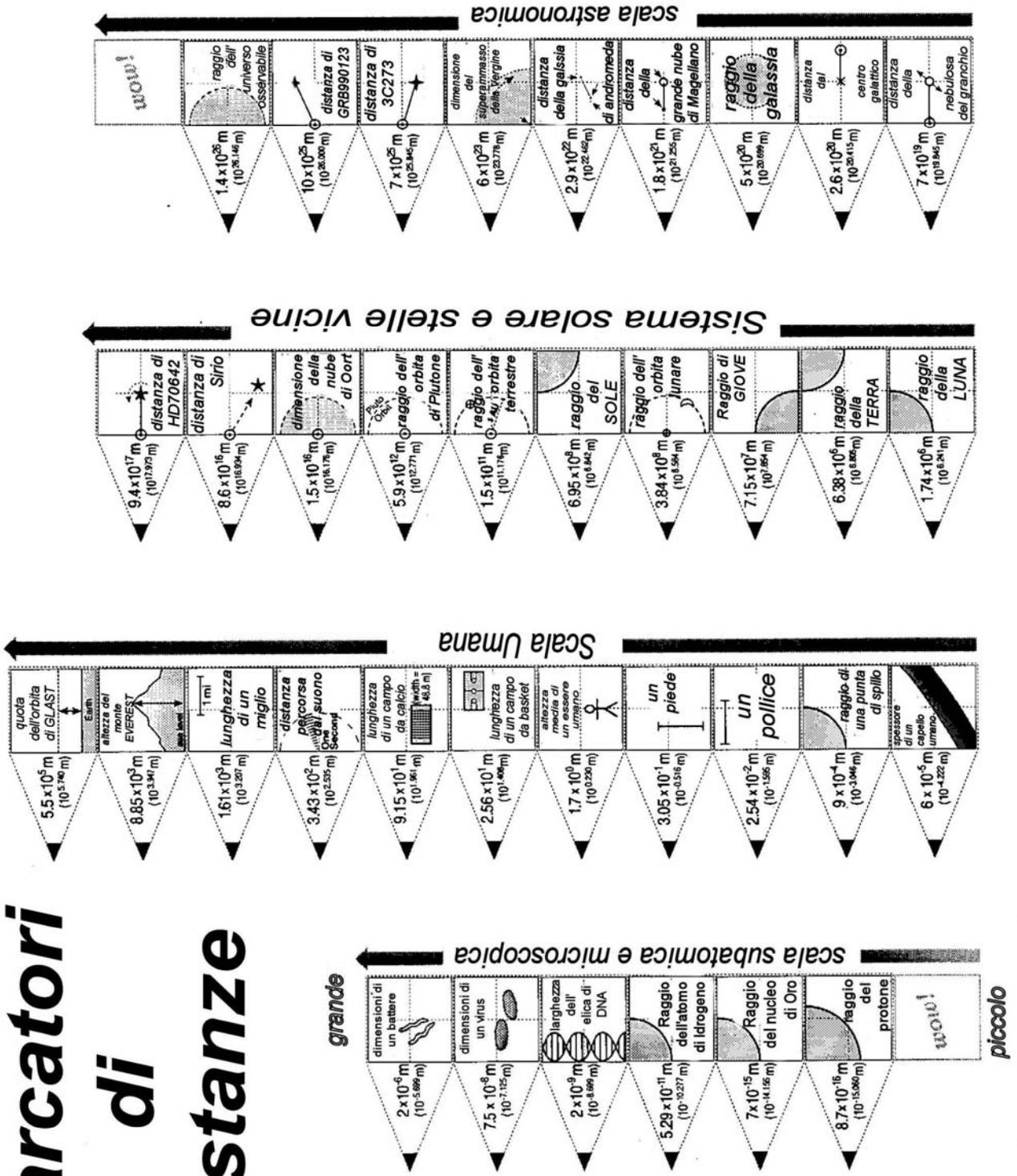
scala subatomica e microscopica

la scala logaritmica

scala unana



Marcatori di distanze



Concetti chiave

Assumono una notevole importanza alcuni concetti chiave per lo svolgimento di questo esercizio; in particolare gli studenti devono aver ben chiaro l'ordine mentale di grandezze fondamentali come:

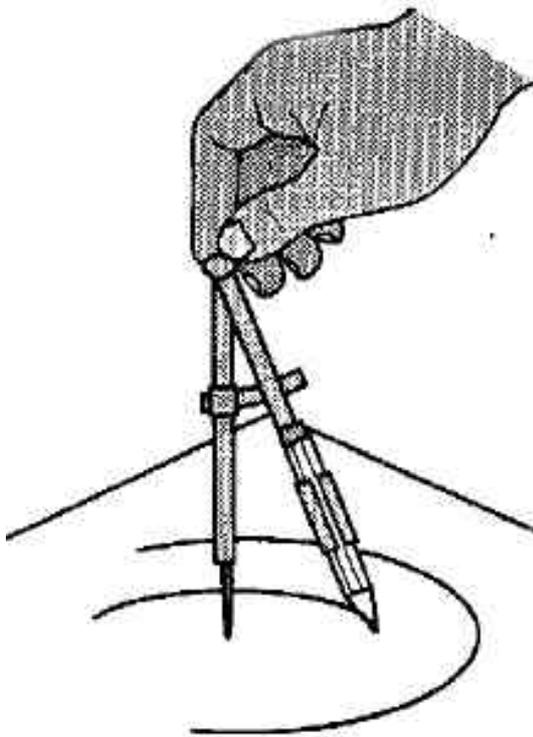
1. le dimensioni di un essere umano, provate a far sdraiare un ragazzo e chiedete agli altri quanto tempo si impiega camminando a percorrere la sua altezza
2. la distanza percorsa dal suono in un secondo, essa servirà come anello di confronto perché potete chiedere ai ragazzi quanto tempo impiega a percorrerla un'automobile che si muove al limite urbano di 50 km/h oppure quanto tempo impiega una persona a compiere una passeggiata di uguale lunghezza
3. La quota dell'orbita di GLAST, qui si chiederà ai ragazzi quanto tempo impiega un'auto a 50 km/h a percorrere quella distanza

Come strumento di confronto alternativo possiamo chiedere quanti uomini dobbiamo sdraiare in fila per ottenere le grandezze menzionate,

4. le dimensioni di un atomo, questa grandezza è di difficile immaginazione in quanto nessuno di noi dispone di un apparato visivo in grado di mostrare gli atomi, tutti abbiamo bisogno di strumenti sofisticati per vederli in reticoli cristallini. L'idea è quella di mostrare fotografie di questo tipo chiedendo poi ai ragazzi quanti atomi dobbiamo porre in fila per formare una struttura cristallina delle dimensioni di un uomo
5. L'unità astronomica, anche questa di difficile immaginazione, ma comunque essenziale perché è l'anello che collega il mondo terrestre alle distanze astronomiche, il modo migliore consiste prima nel chiedere ai ragazzi quante volte è più lontano il Sole rispetto all'orbita di GLAST, poi con una forzatura matematica (i numeri diventano grandi) si può chiedere a loro quanti uomini sdraiati servono per ottenere la distanza Terra-Sole.
6. La dimensione dell'anno luce che può essere espressa in termini di quante unità astronomiche sono necessarie per ottenere quella distanza grazie alla quale misuriamo le dimensioni della galassia e del cosmo.

Attività 4

Obiettivo: disegnare una serie di miniature con circonferenze che corrispondano ad un certo ordine di grandezza prescelto. Lo scopo consiste nell'impratichirsi, mediante l'uso di un compasso, nel confronto tra un quadrato delle dimensioni pari all'ordine di grandezza e della riproduzione in scala di un oggetto reale. Ogni studente dovrà costruirsi un atlante costituito da tavole degli ordini di grandezza, in particolare in ogni tavola dovrà contenere un oggetto raffigurato in scala con l'oggetto appartenente ad un differente ordine di grandezza.

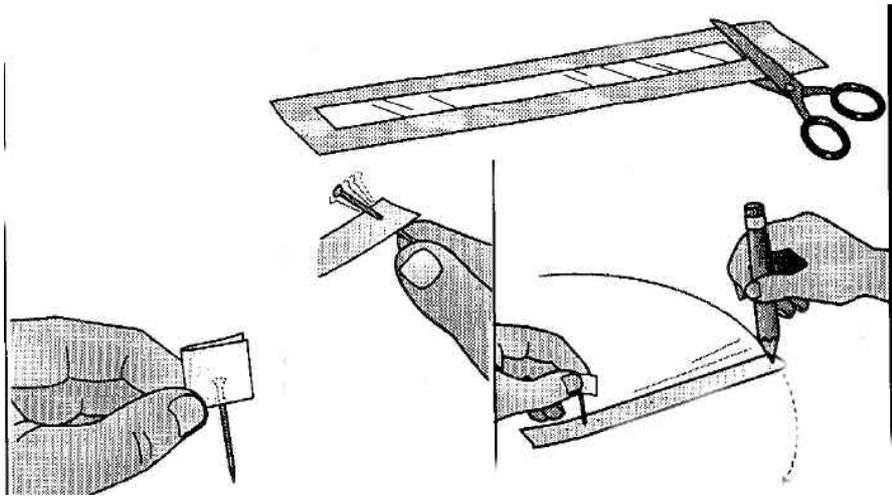


Note: Si consiglia di procedere nel disegno selezionando quelle scale di grandezza in grado di disporre all'interno del riquadro due oggetti ritenuti contigui in modo da poter confrontare le dimensioni di due oggetti reali. Inoltre mentre è arbitraria la scelta dell'origine del nostro grafico per un protone o un oggetto microscopico consigliamo sempre di adottare la posizione del Sole come origine della rappresentazione di scale astronomiche.

Questa attività può essere eseguita in due modi distinti: mediante l'uso di un compasso grazie al quale cercheremo di impratichirci nella realizzazione di archi e circonferenze, oppure ideando un dispositivo alternativo, molto più semplice ed economico per la realizzazione di circonferenze.

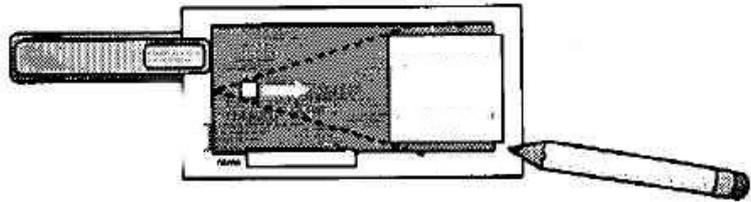
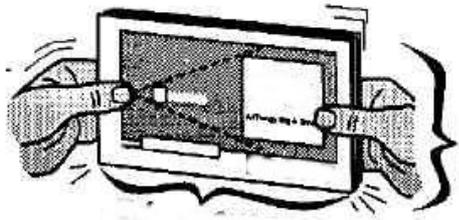
Per ottenere questo strumento si ritagli una striscia di cartoncino lunga almeno 11 cm, si indichi sopra di essa un punto di origine bucando la striscia con uno spillo. Provvederemo ora ad avvolgere la capocchia dello spillo con un'etichetta adesiva in modo di avere una maggiore aderenza ad esso, poi facendo uso di un righello indichiamo sul cartoncino il raggio che ci interessa, a quel punto con lo spillo faremo un secondo buco nel quale infileremo la punta della matita. Fissando con lo spillo il centro e disponendo la punta della matita nell'altro buco potremmo tracciare come in figura un arco di circonferenza.

L'attività può essere molto utile se analizzata anche dal punto di vista cartografico, infatti lo studente dovrà rappresentare in scala un certo oggetto. Il principale ostacolo consiste nell'aver bene in mente come opera una scala, discorso che può essere affrontato in una lezione di geografia oppure costruendo



l'atlante degli ordini di grandezza che proponiamo. Infatti ogni tavola è caratterizzata da una griglia con quadretti delle dimensioni di 1 cm, bisogna allora chiarire ai ragazzi cosa significa scala, quale distanza corrisponde al lato di un quadretto e al lato del quadrato composto da 100 quadretti.

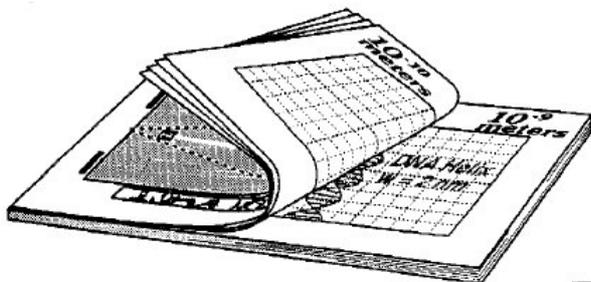
Attività 5



Prendiamo le 12 pagine dell'atlante delle scale, fotocopiamole e ritagliamo con cura le fotocopie lungo la linea tratteggiata in modo da creare 24 pagine da metà formato. Ordiniamo le pagine dalla numero 1 alla numero 24. Utilizza per il momento delle clips lungo le guide come mostrato in figura per tenere insieme le 24 pagine che verranno pinzate soltanto dopo aver completato i disegni

ed i grafici in tutte le tavole del nostro atlante.

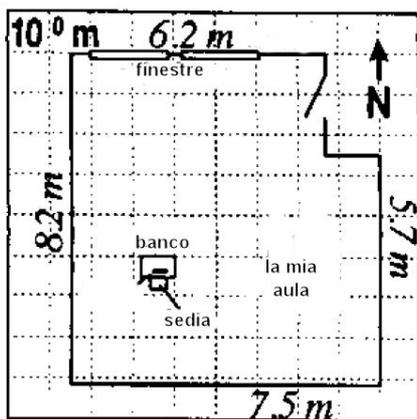
Ricordati di scrivere il tuo nome sulle copertine sia in quella presente davanti che quella presente sul retro.



Ora inizia la parte più complessa: dobbiamo disegnare in scala. Poiché il primo approccio a quest'attività non è semplice dobbiamo iniziare con

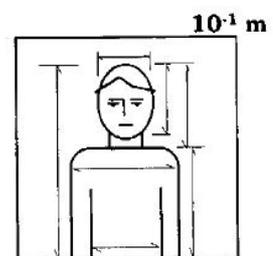
qualcosa di familiare, proviamo a disegnare la pianta della nostra classe. Prendiamo la pagina indicante 10^0 e fotocopiamola in tre copie in modo da disporre di copie di riserva qualora venga

errata la scala del disegno.



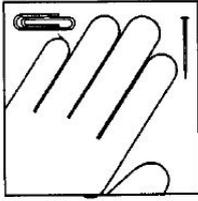
Ripetendo più volte il disegno in scala della propria aula ci si impratichisce sempre più delle strategie per mantenere i rapporti tra le dimensioni dei vari oggetti costanti. Al termine di queste prove fotocopiamo 3

volte la tavola con scala 10^{-1} metri e proviamo a disegnare in scala noi stessi. È un'operazione più complessa perché mentre la pianta



della nostra aula può essere agevolmente ottenuta mediante l'uso di riga e squadre, disegnare noi stessi, anche schematicamente, richiede una maggiore manualità. Va comunque tenuto presente che ogni volta che ripeteremo il disegno le nostre braccia, le mani, la testa e tutte le altre parti del nostro corpo verranno riprodotti in proporzioni più vicine a quelle reali. Ripetiamo per una terza volta l'esperimento, ora prendiamo la tavola con scala a 10^{-2} metri e ricalchiamo il profilo della nostra mano, poi disegniamo in scala una graffetta per fogli e un chiodo.

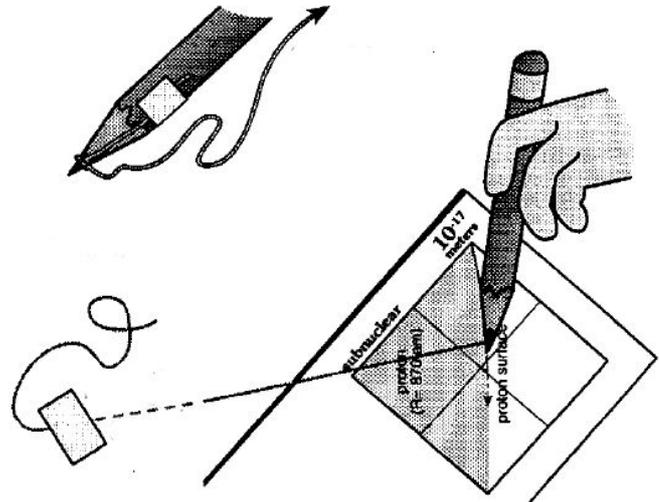
10^{-2} m



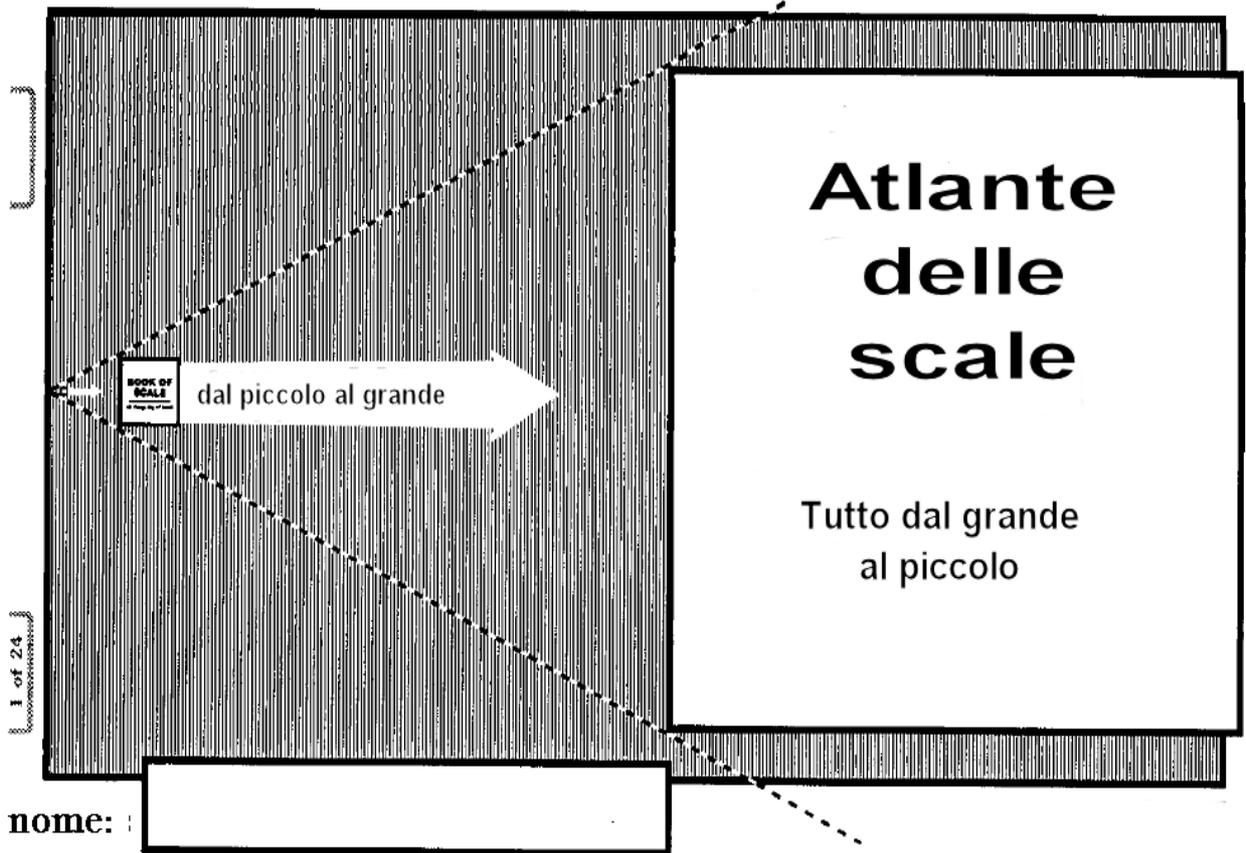
Ripetendo il disegno ci accorgeremo che i nostri oggetti saranno disegnati con rapporti sempre più fedeli alla realtà.

Ora un ultimo consiglio, alcuni oggetti sferici sono molto più grandi di altri e devono essere rappresentati con cerchi di raggio piuttosto grande per il quale

compassi o striscette di carta vengono non sono sufficienti a riprodurli. Una valida alternativa per riprodurre cerchi così grandi (raggio 50 cm o più) consiste nel procurarsi uno spago. Annodiamo lo spago alla punta della matita e lo fissiamo con un pezzetto di nastro adesivo non permanente. Poi con lo stesso nastro adesivo fissiamo la tavola utilizzata al banco e misuriamo una quantità di spago sufficientemente lunga da corrispondere al



raggio del cerchio che vogliamo riprodurre segnandola con del pennarello nero. Terminiamo misurando dal centro della tavola una distanza pari al raggio del cerchio che intendiamo disegnare e segniamo con un piccolo puntino sul banco tale posizione (in matita in modo che possa essere cancellato con la gomma o del detersivo). A questo punto fissiamo con del nastro adesivo il nostro spago nell'origine segnata sul puntino segnato sul banco e con la matita tracciamo l'arco di circonferenza come mostrato in figura.

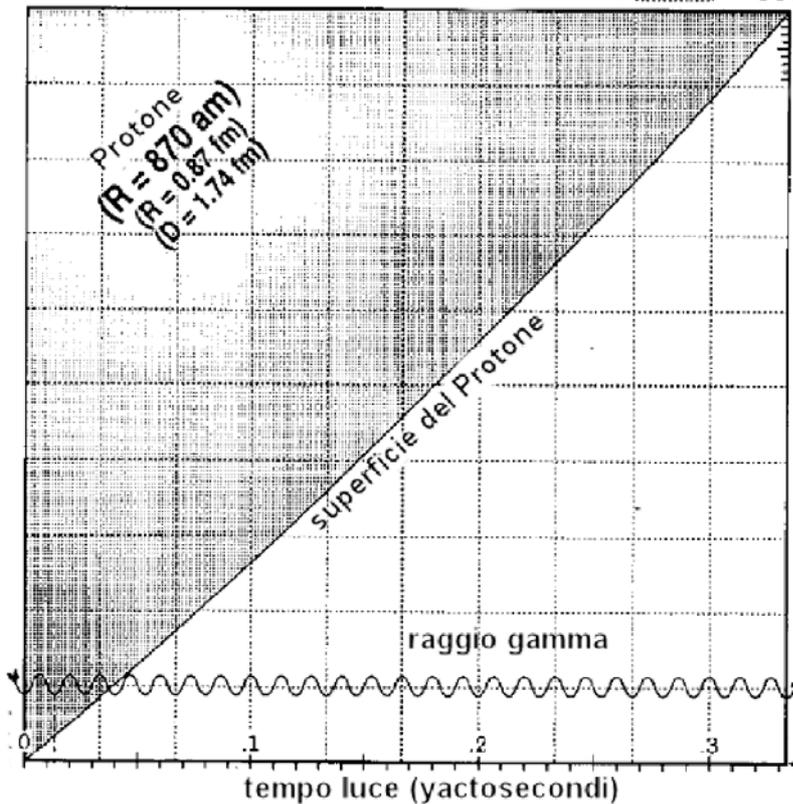


Subnucleare

10 attometri



10^{-17} metri



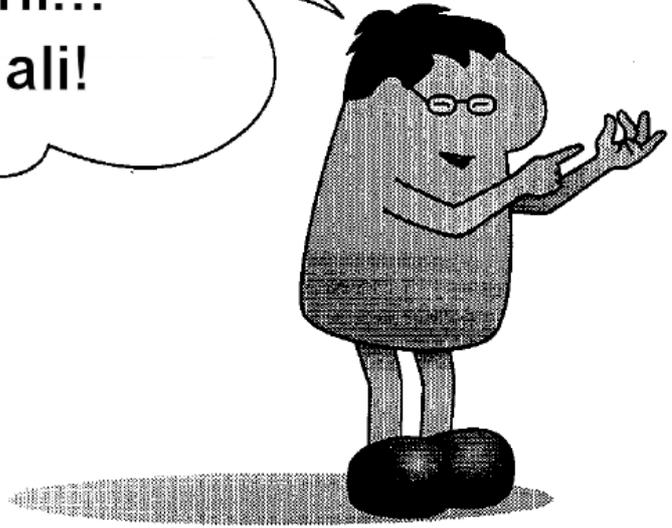
Qui è disegnato un treno d'onde dei raggi gamma osservati da Glashow.

Quante lunghezze d'onda ci stanno in un yattosecondo?

Quante in un secondo?

Qual è la frequenza di queste onde?

oggetti piccoli
oggetto vicini...
oggetti attuali!

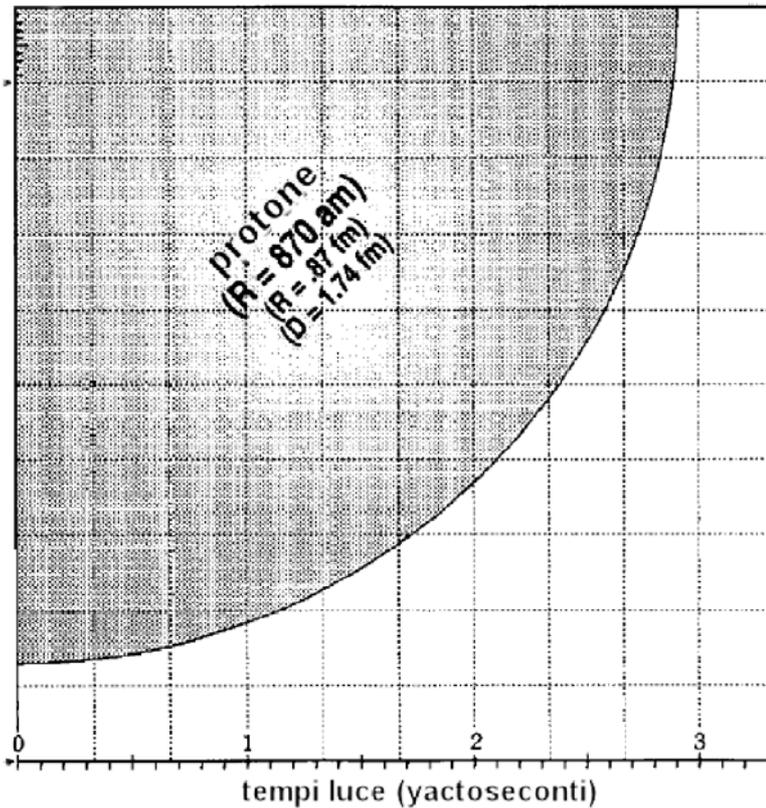


10^{-16}
metri



10 attometri

protone o
neutrone

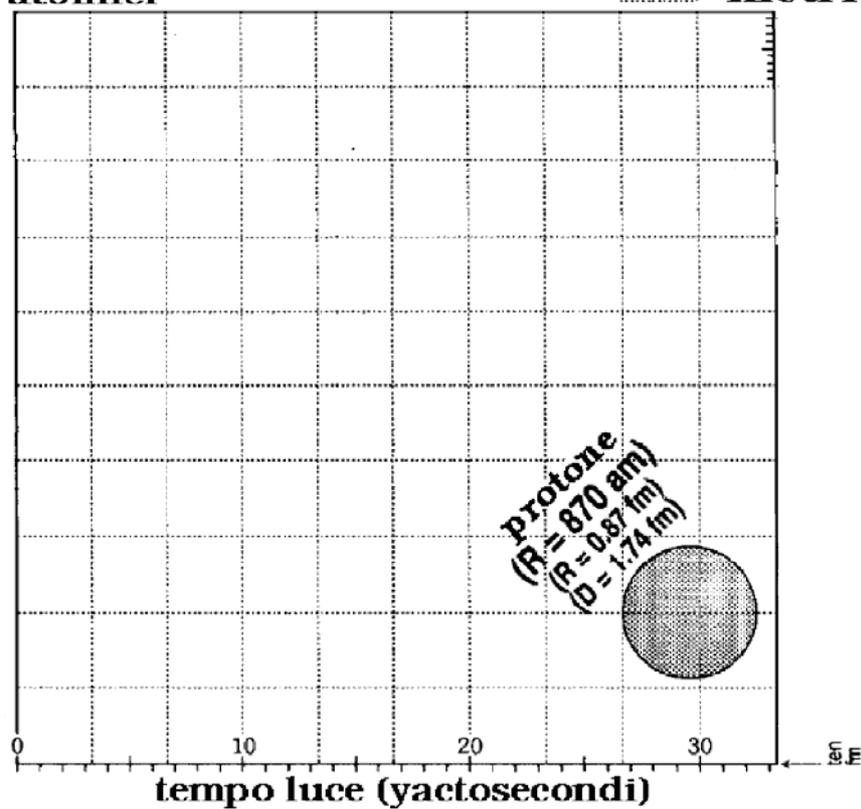


nuclei
atomici

1 femtometro



10^{-15}
metri

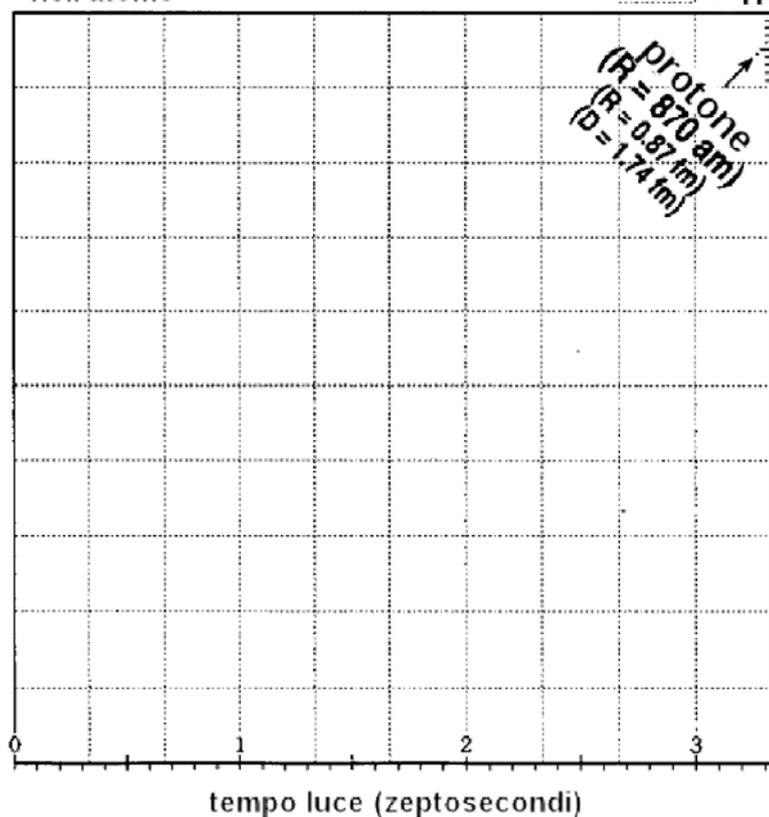
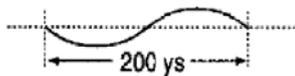


in profondita'
nell'atomo

100
femtometri



10^{-13}
metri

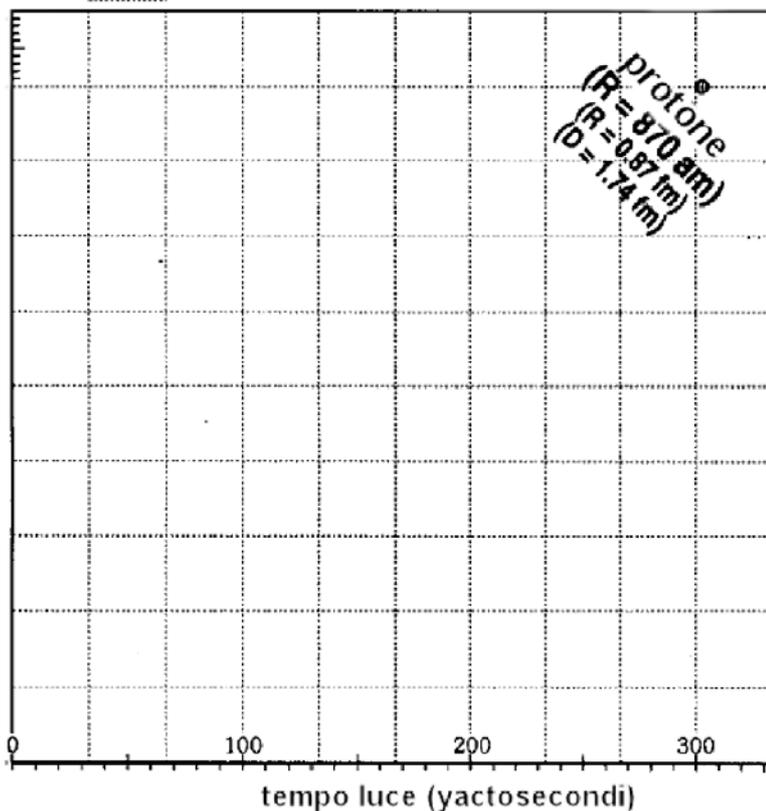


10^{-14}
metri



10
femtometri

vicino al
nucleo



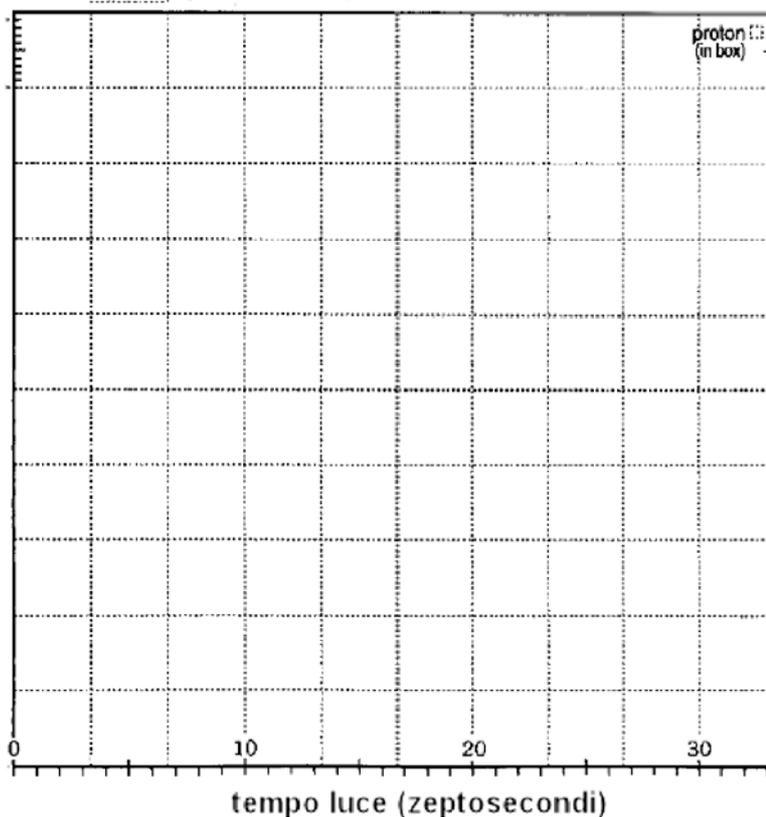
Disegna in questa scala un
protone

10^{-12}
metri



1 picometro

Qual è la dimensione di un
atomo di idrogeno?

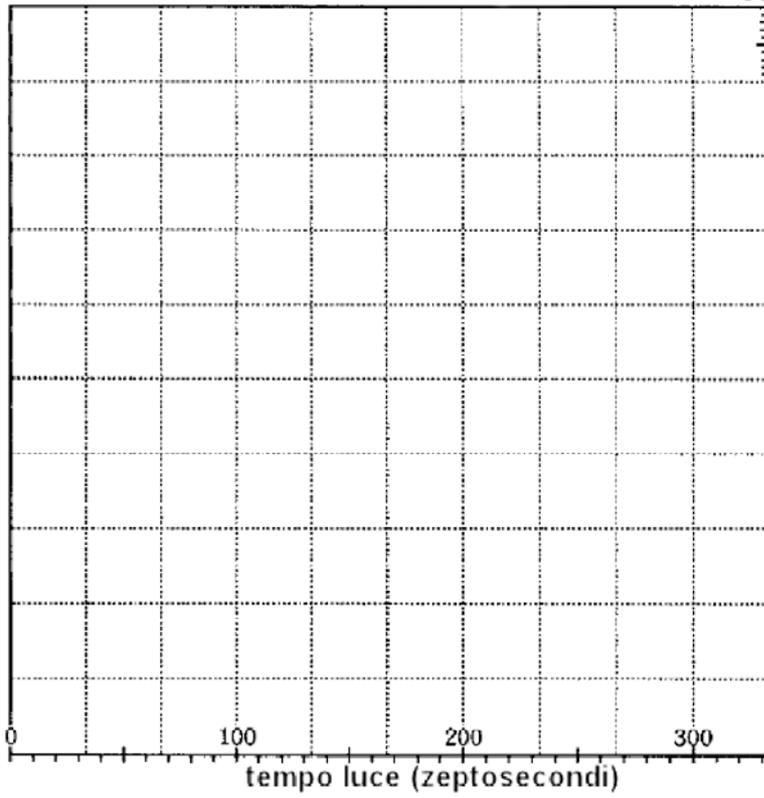


ATOMI

1 picometro



10^{-11}
metri

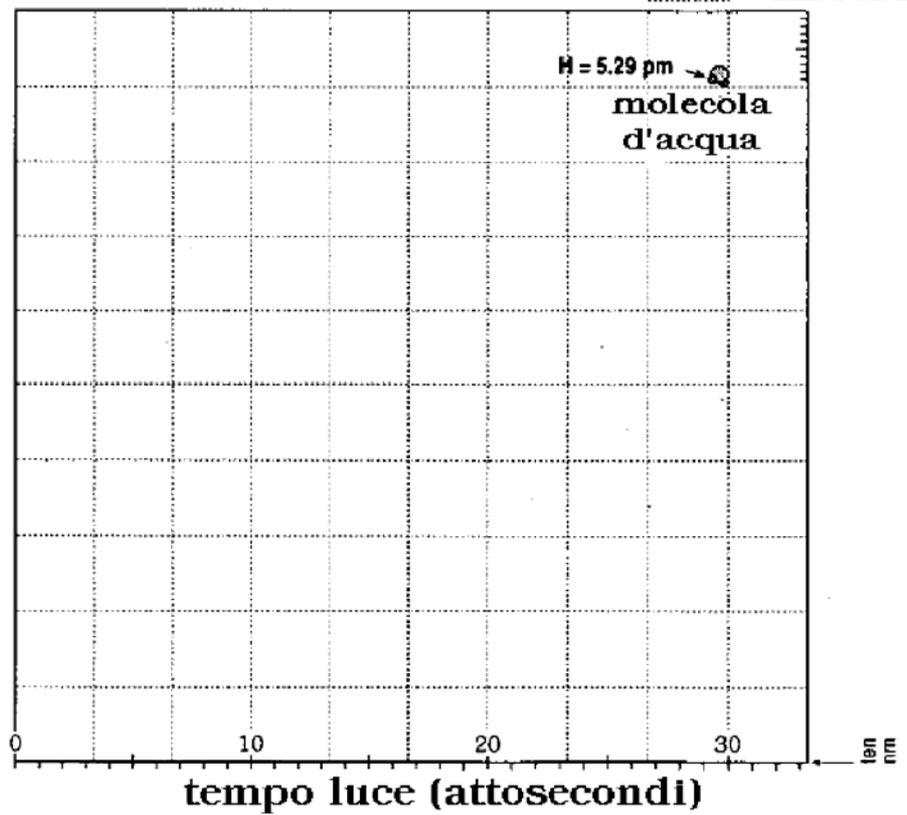


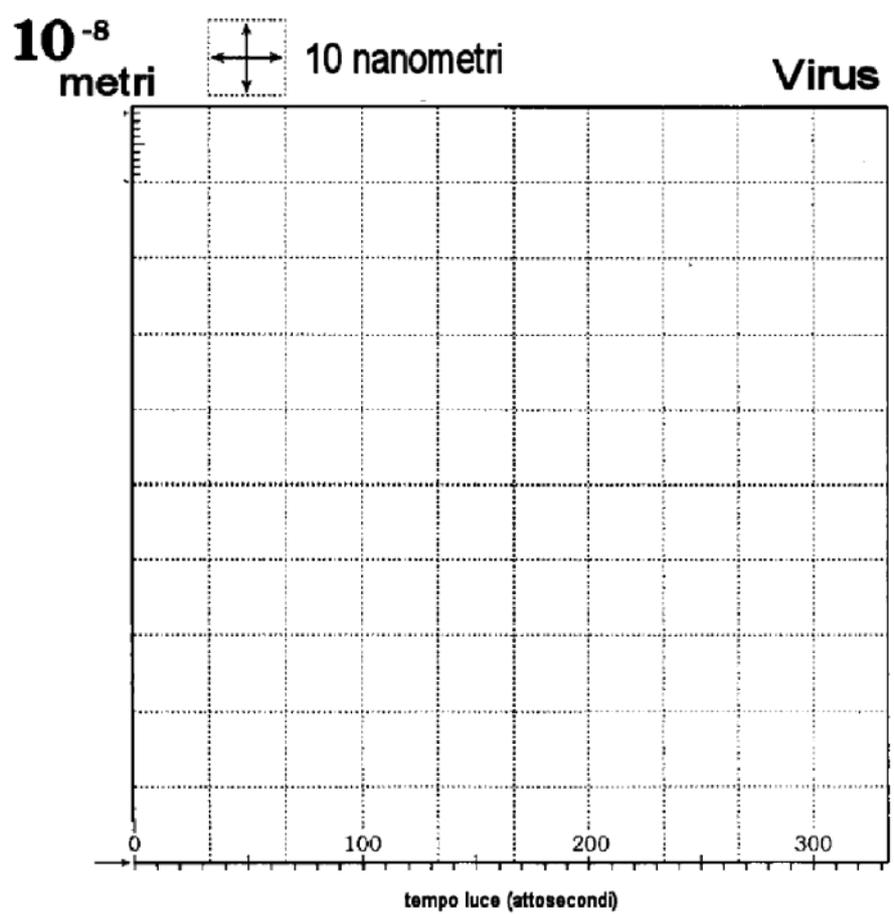
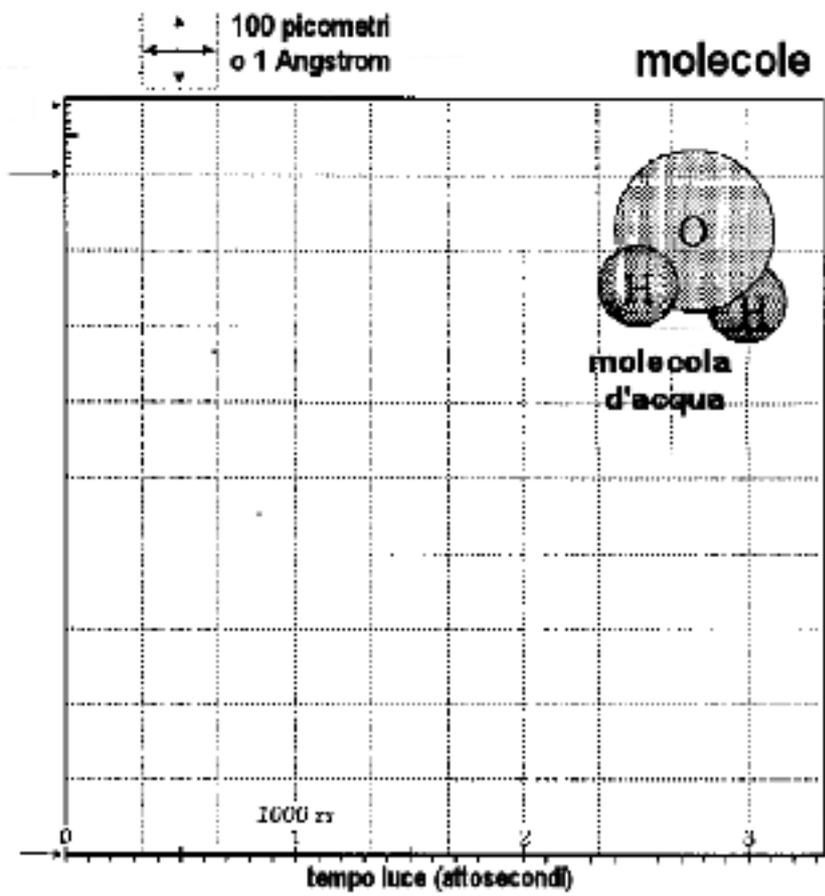
DNA

1 nanometro



10^{-9}
metri

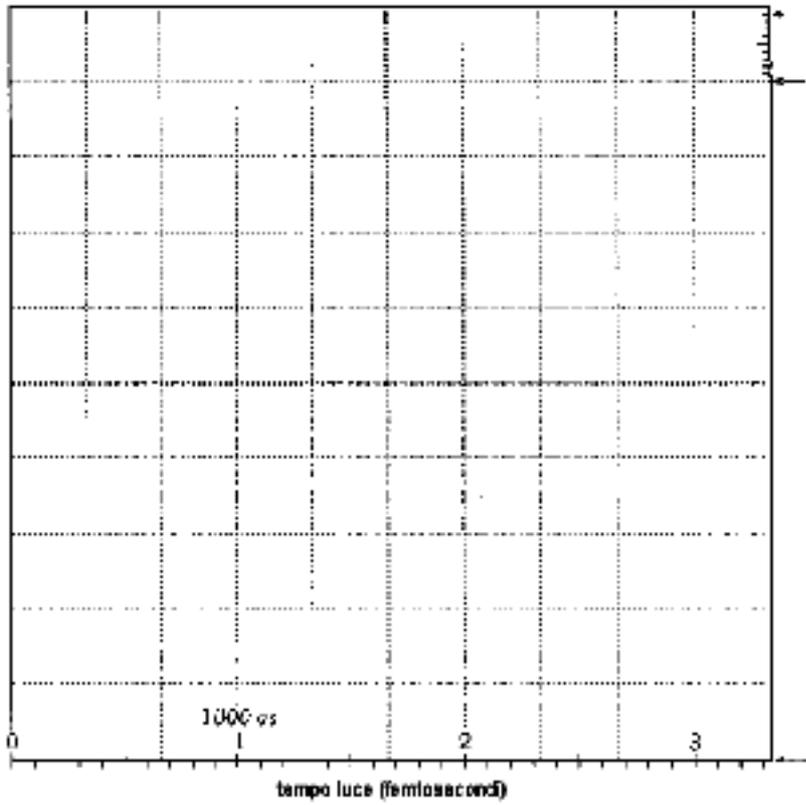




piccole strutture
cellulari

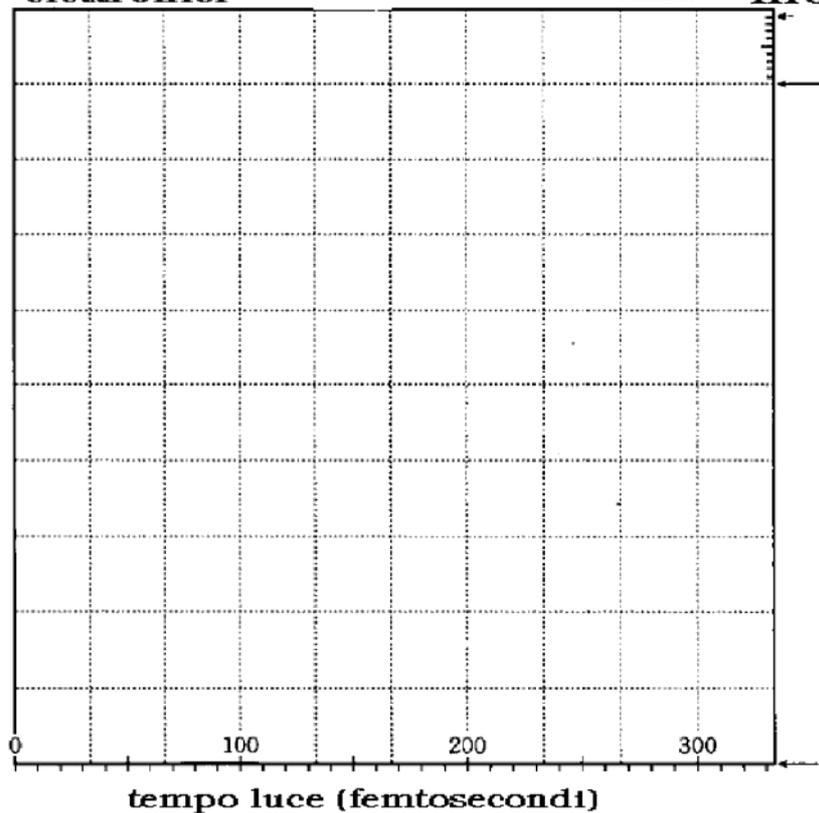
100 nanometri 10^{-7} metri

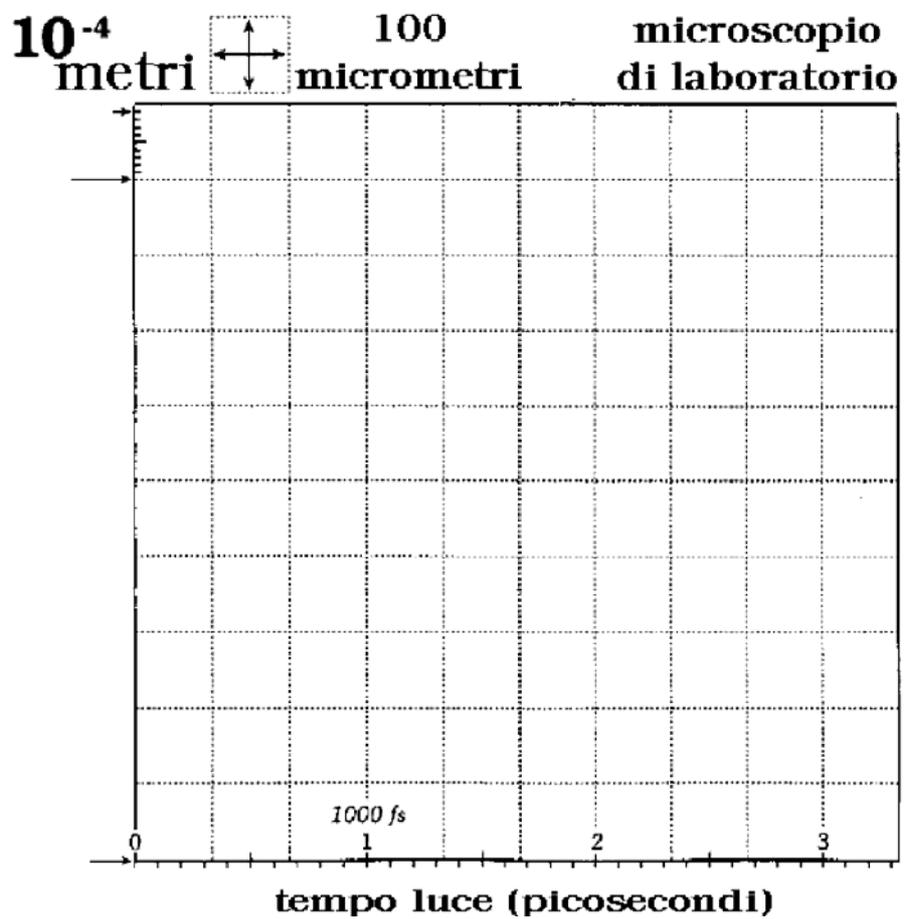
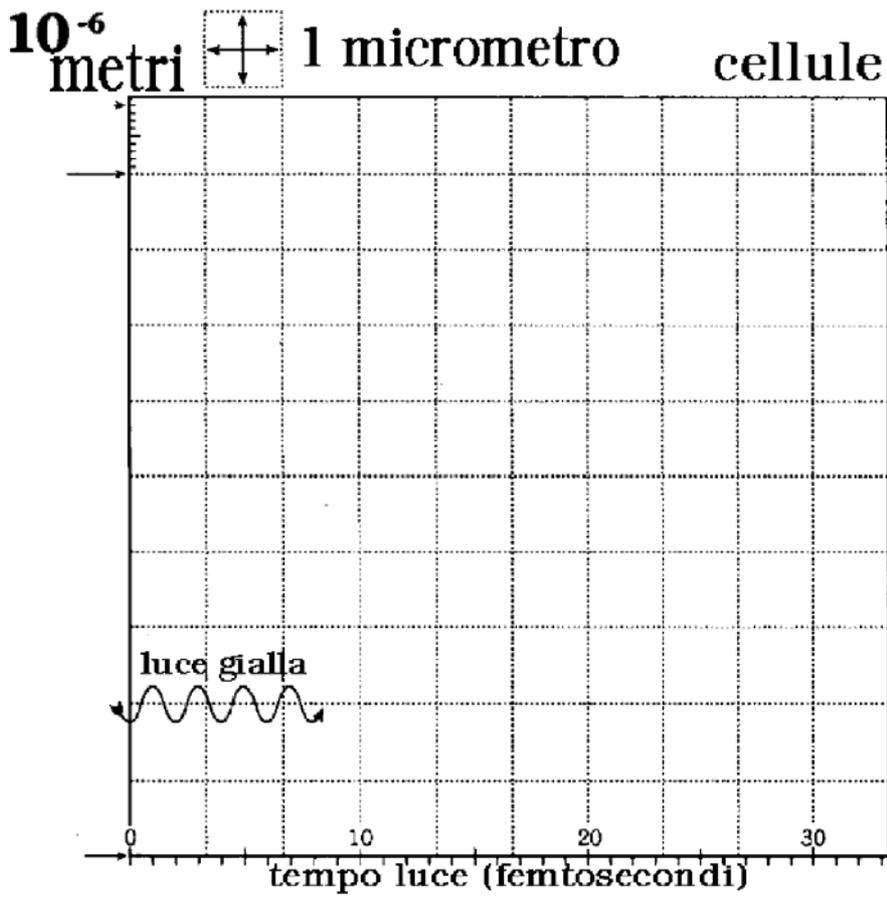
Confronta la luce blu e la luce rossa, disegna in questo grafico e scrivi il periodo, la frequenza, la lunghezza d'onda, e l'energia.

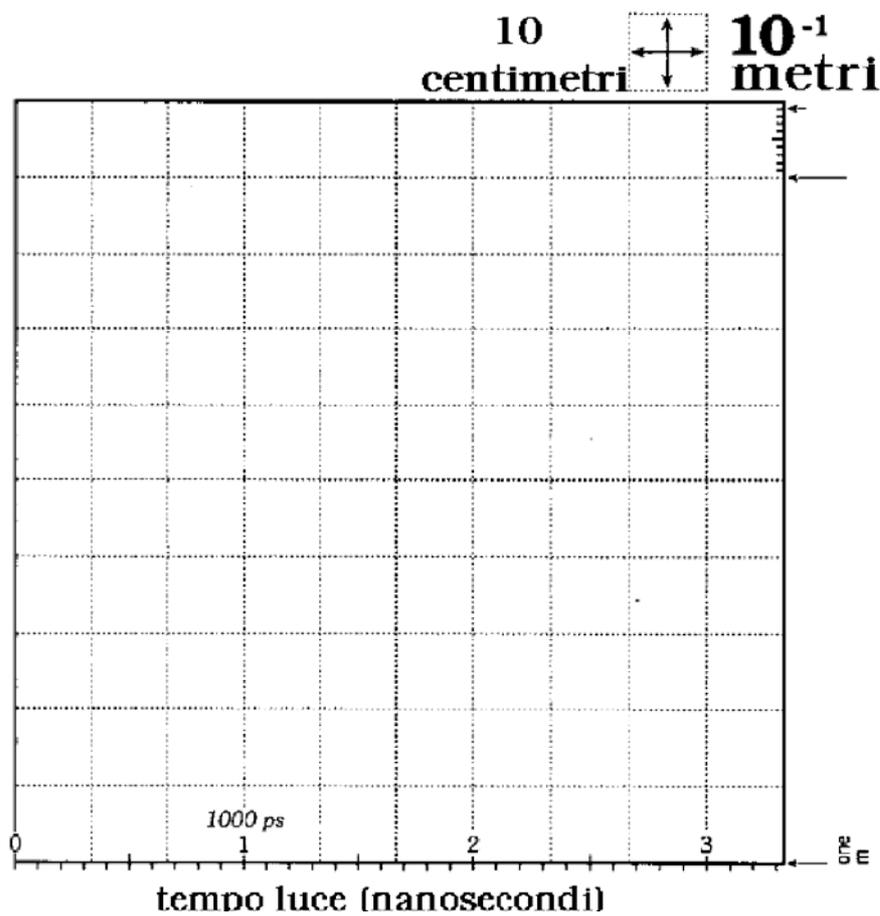
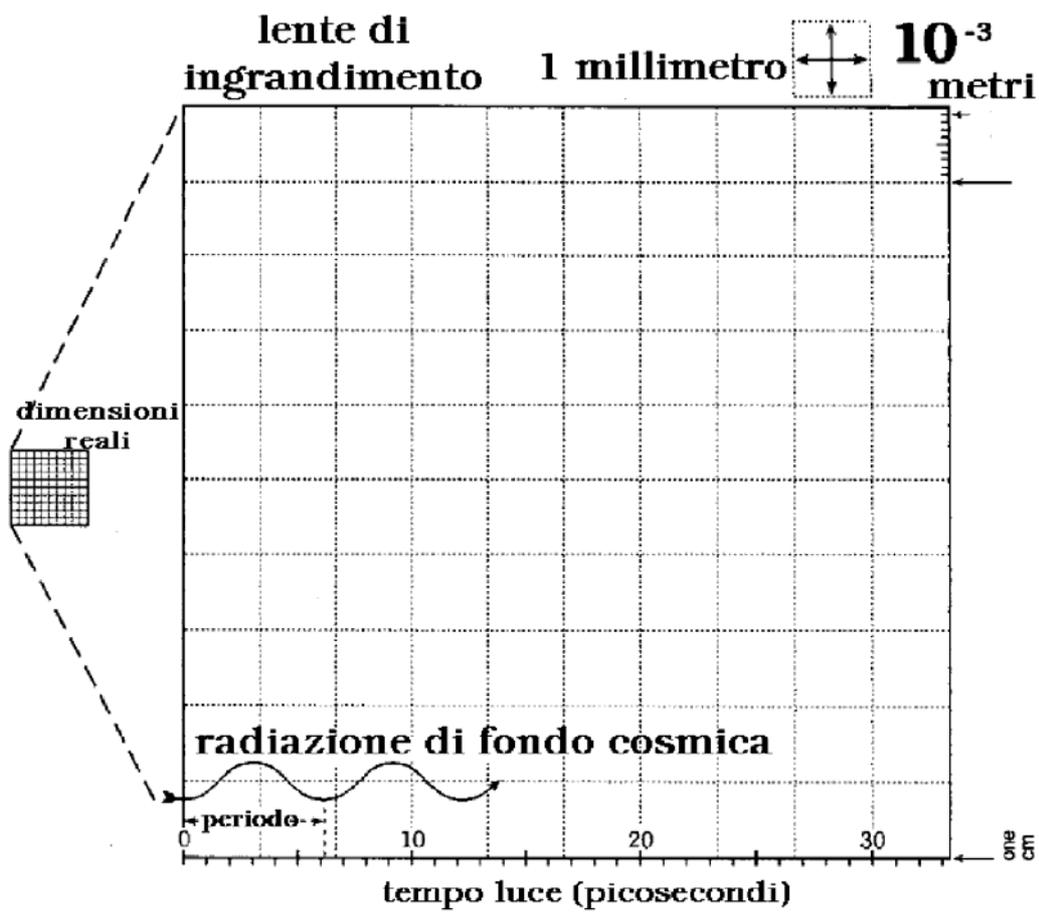


Disegna la radiazione
infrarossa

microscopi
elettronici 10 micrometri 10^{-5} metri





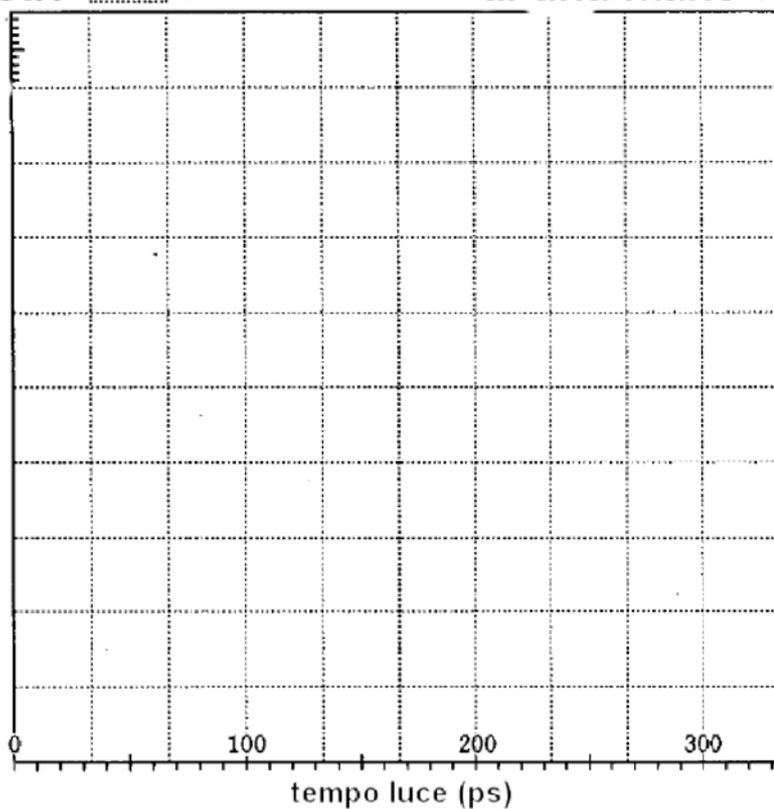


10^{-2}
metri



1 cm

le dimensioni
di una mano

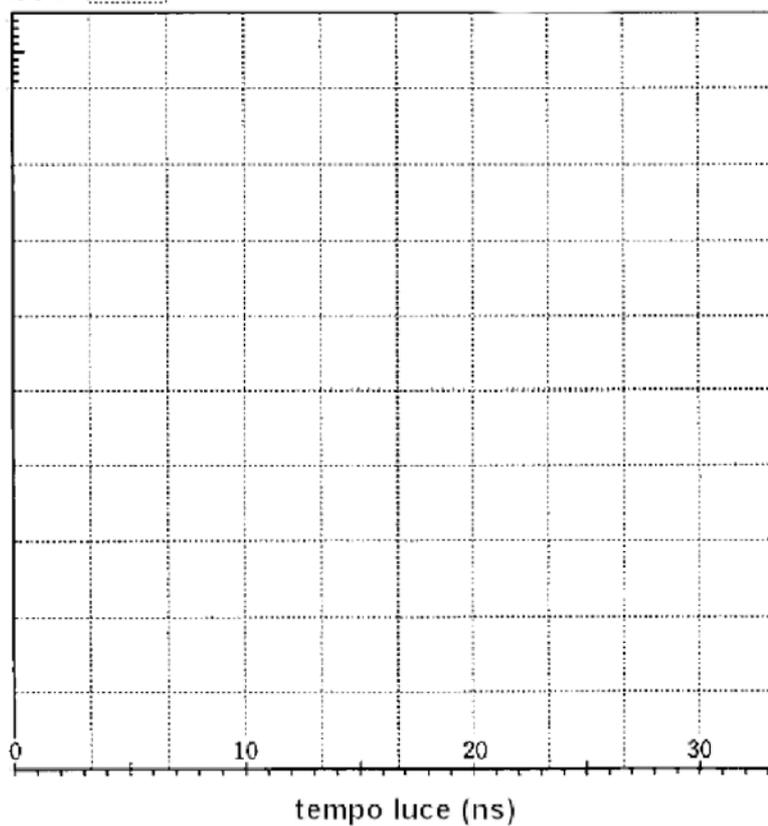


10^0
metri

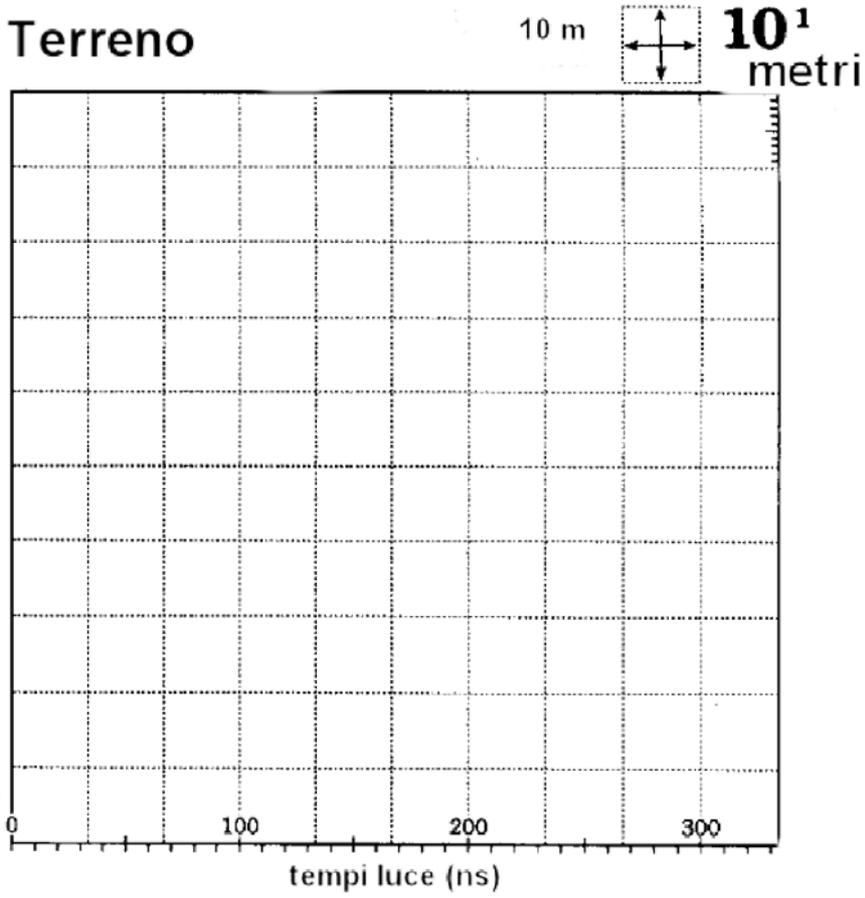


1 metro

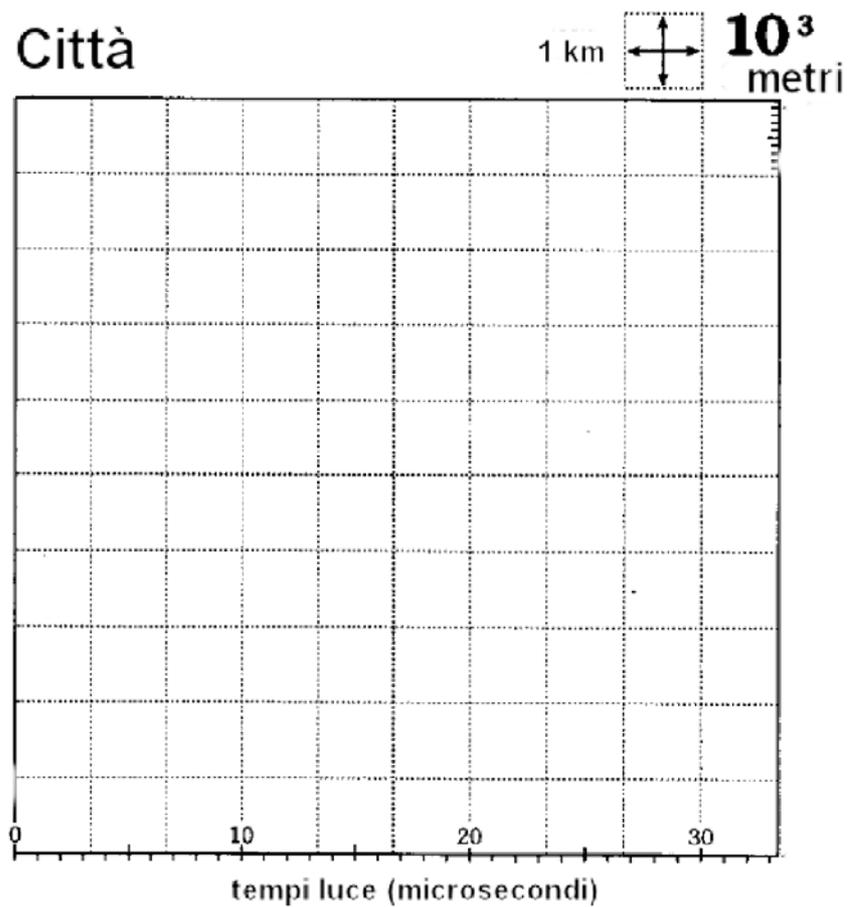
stanza



Terreno



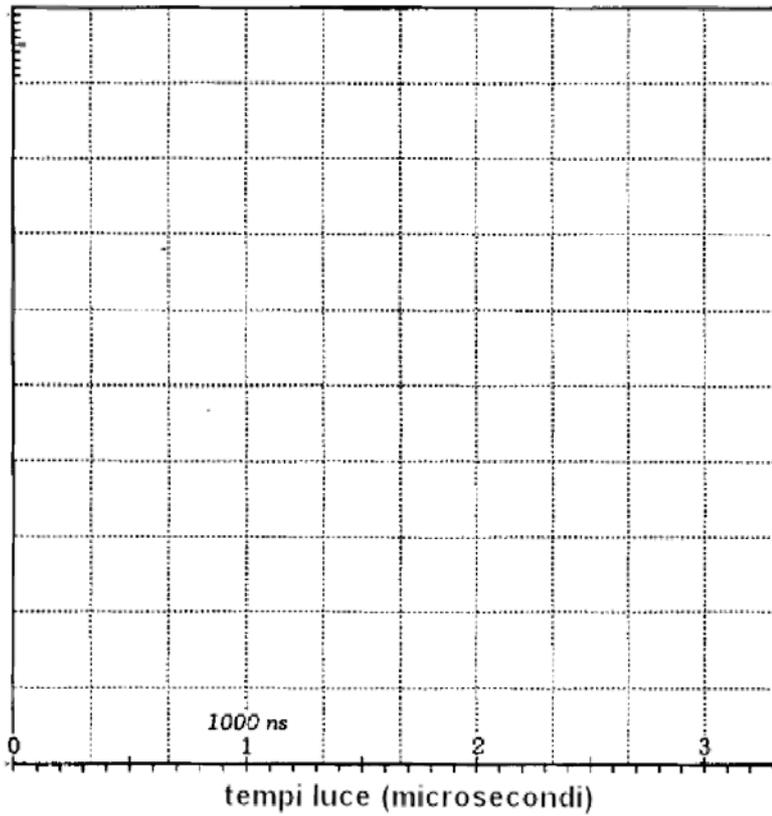
Città



10^2
metri



100 metri



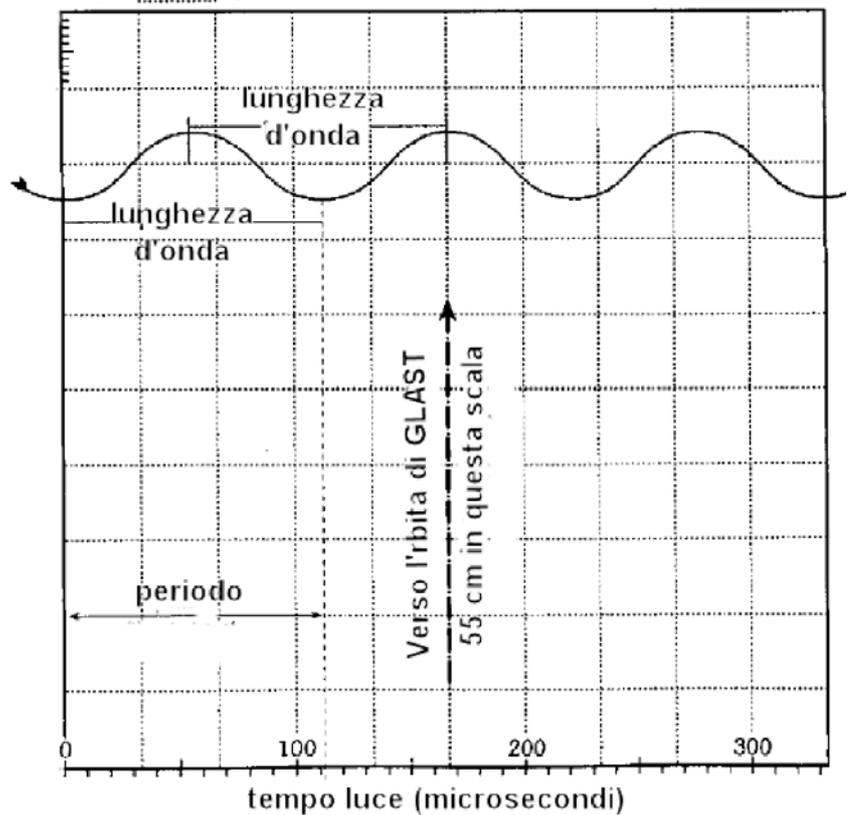
Qual è la lunghezza d'onda
dell'onda rappresentata?

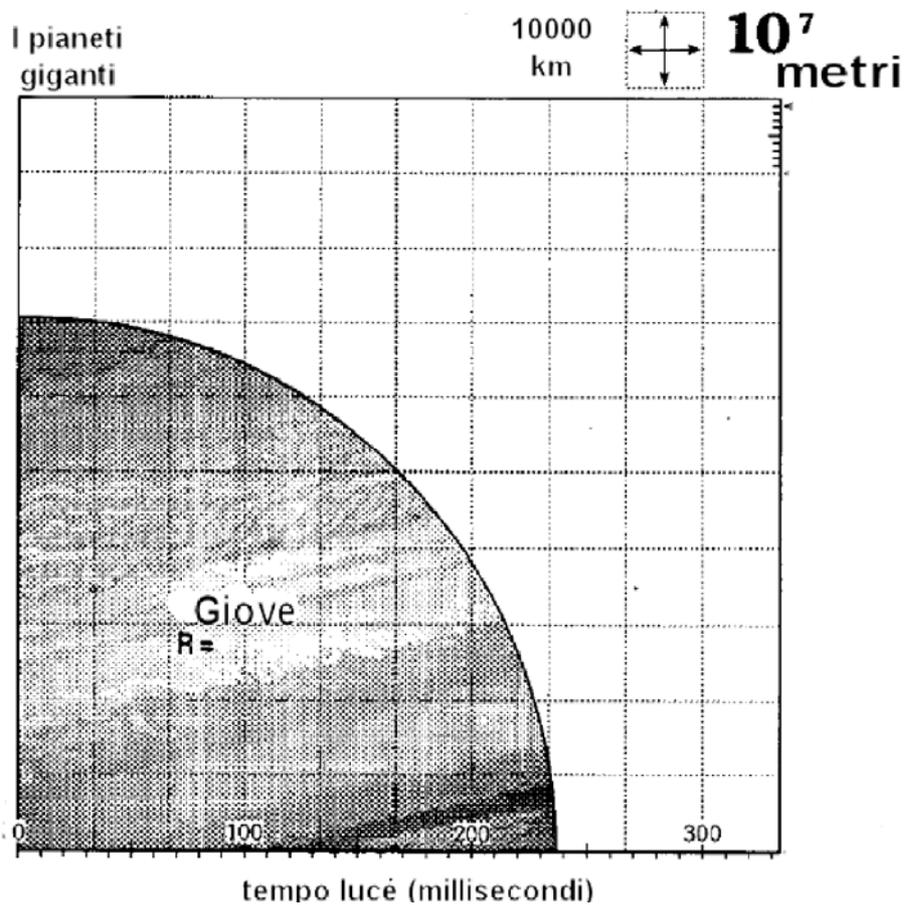
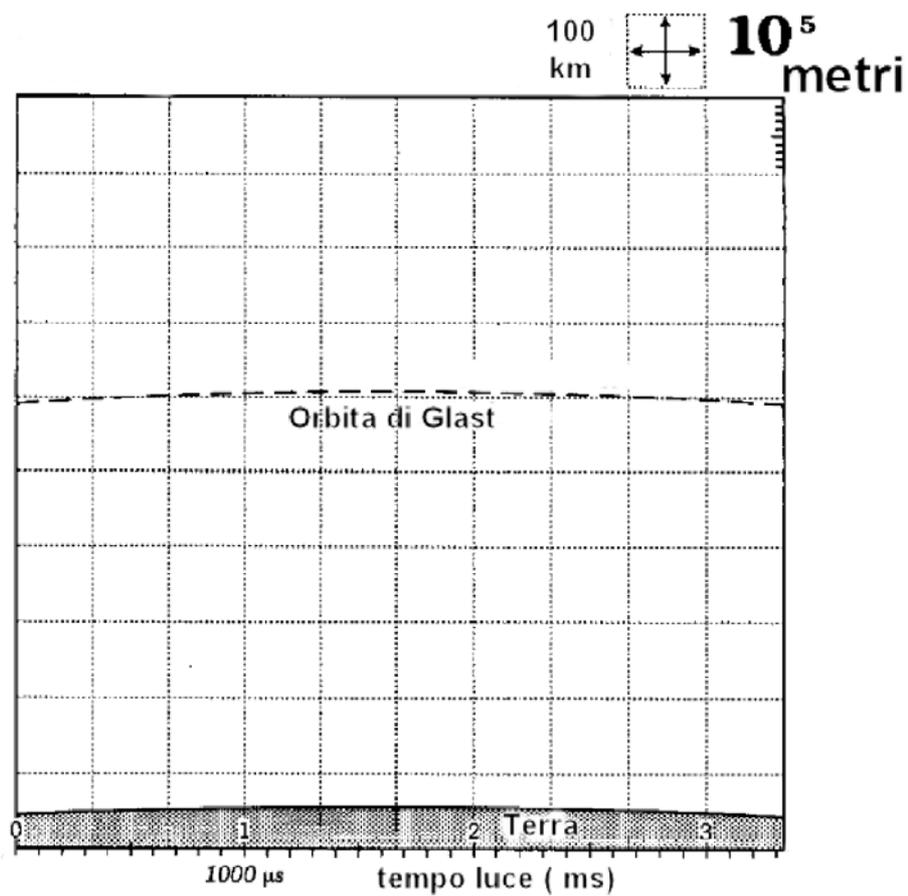
10^4
metri

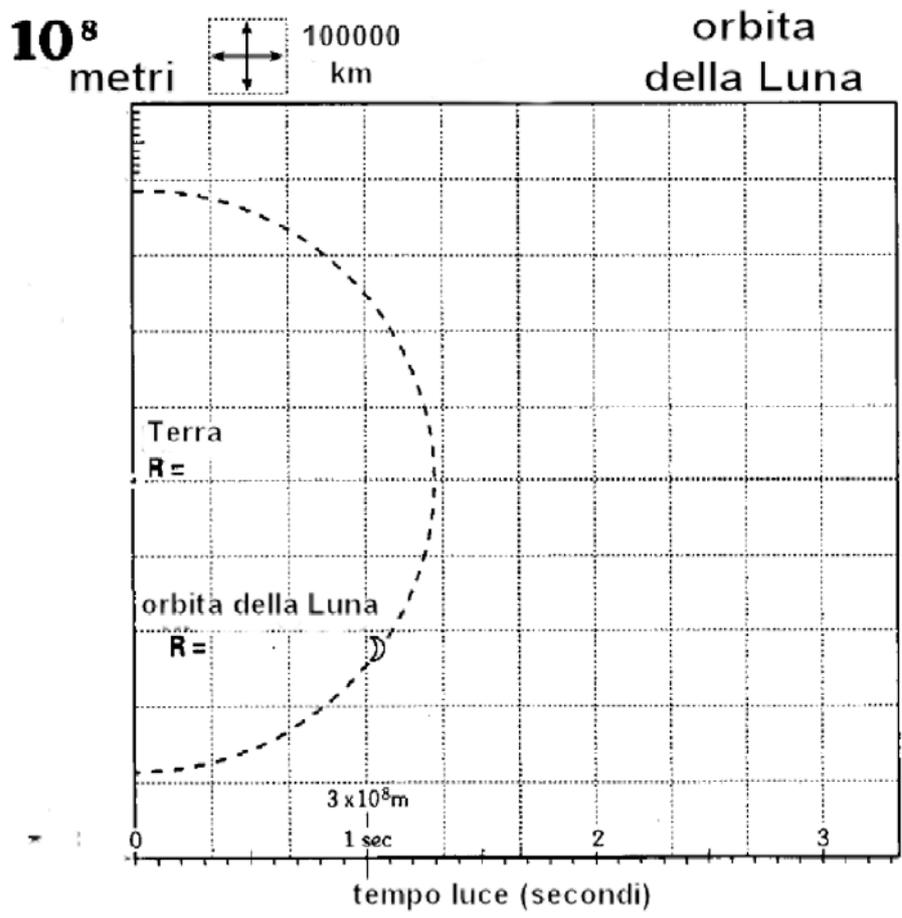
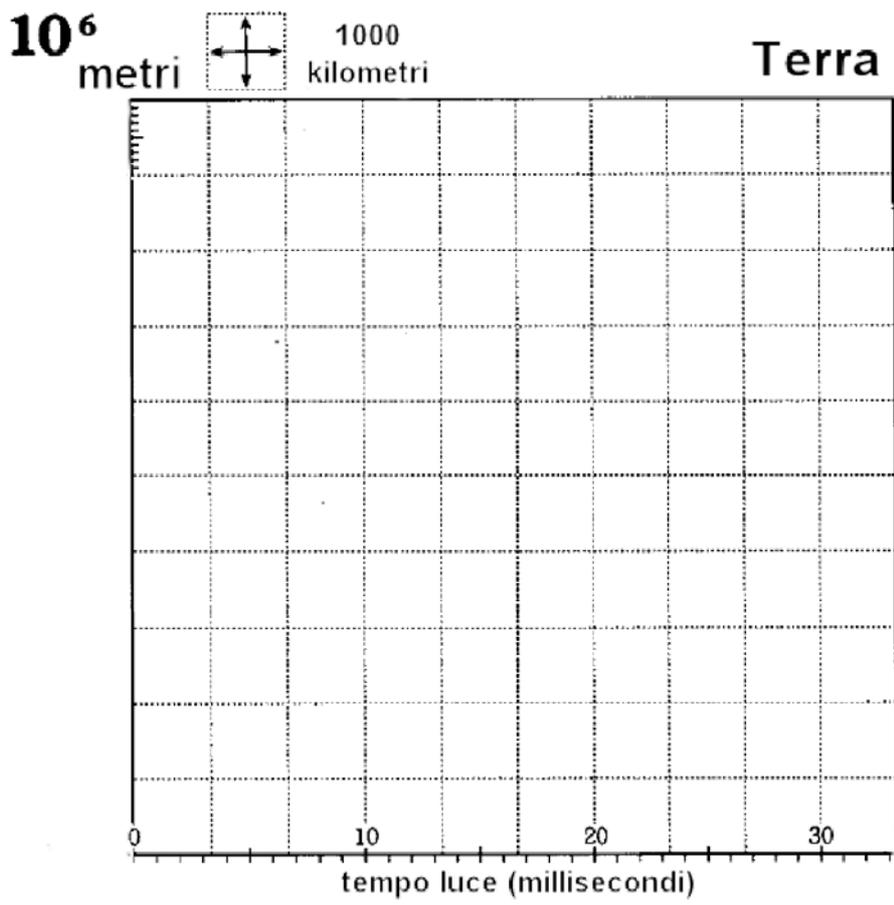


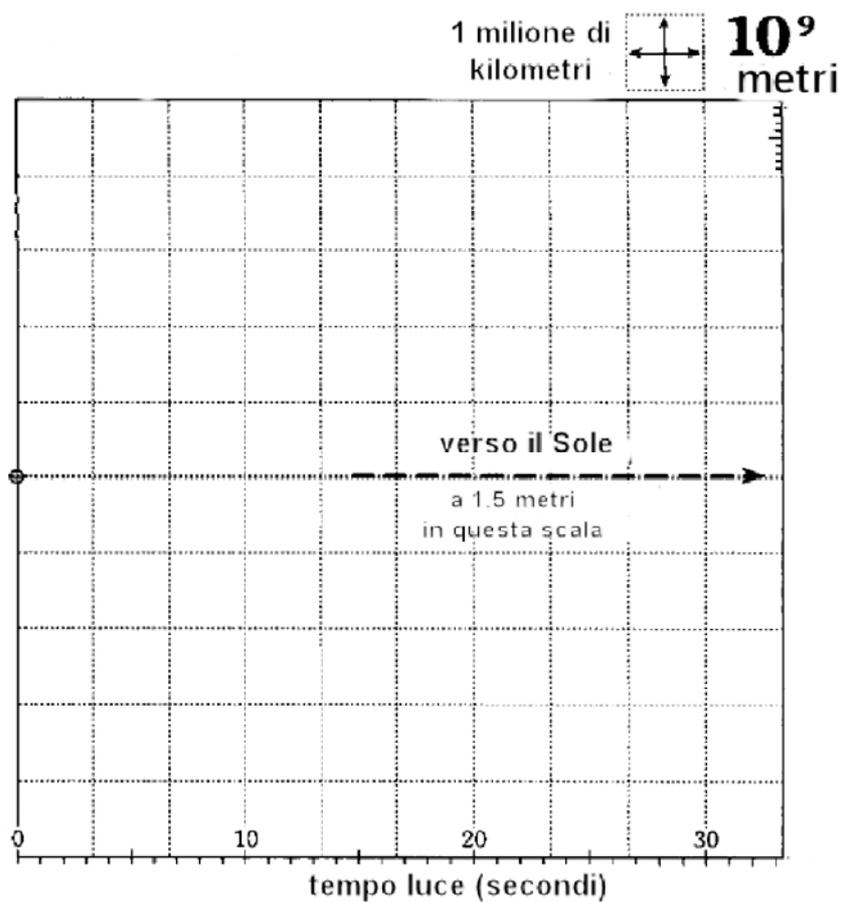
10 km

Di cosa si tratta?



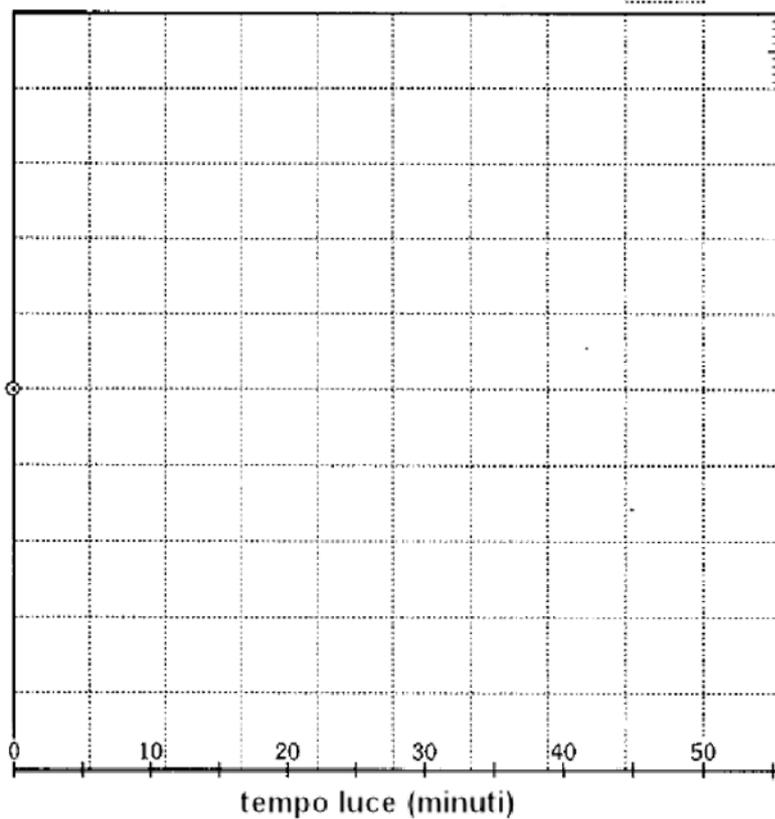






L'orbita
di Giove

100 milioni
di chilometri  **10¹¹ metri**

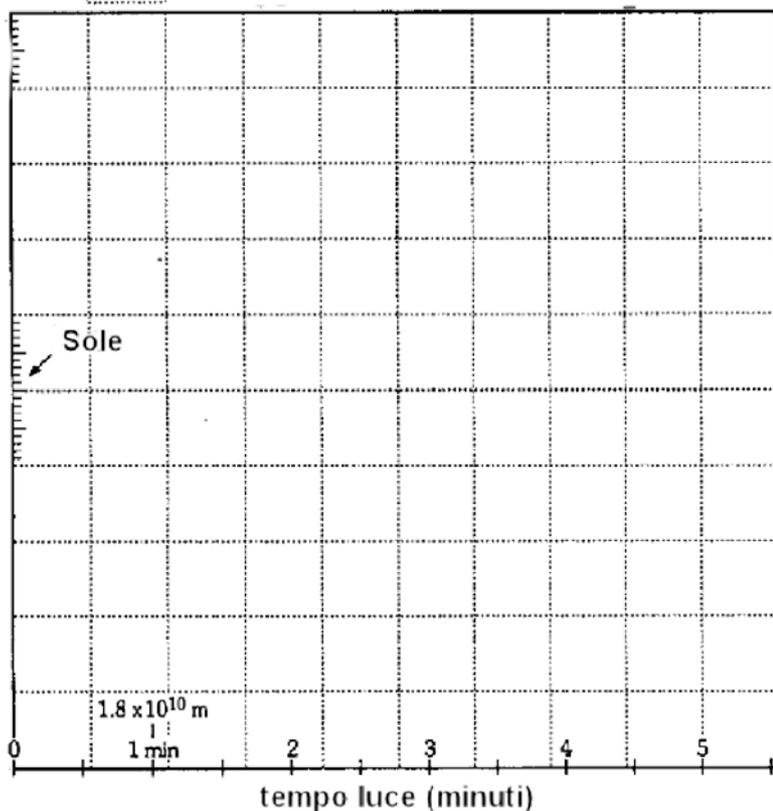


10^{10}
metri



10 milioni
di chilometri

i pianeti
interni

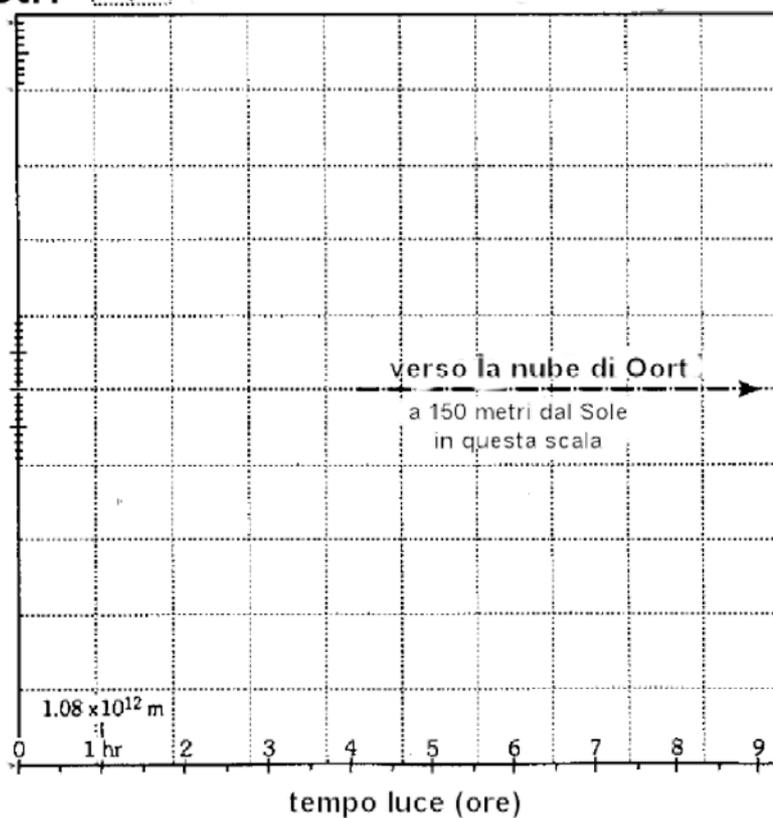


10^{12}
metri

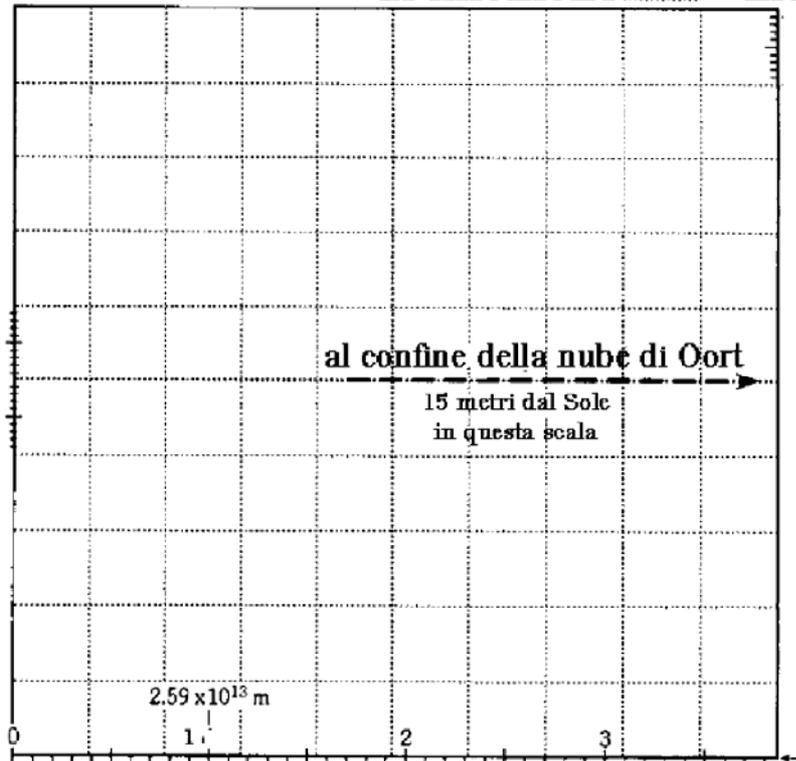


1 miliardo
di chilometri

Il sistema solare
esterno

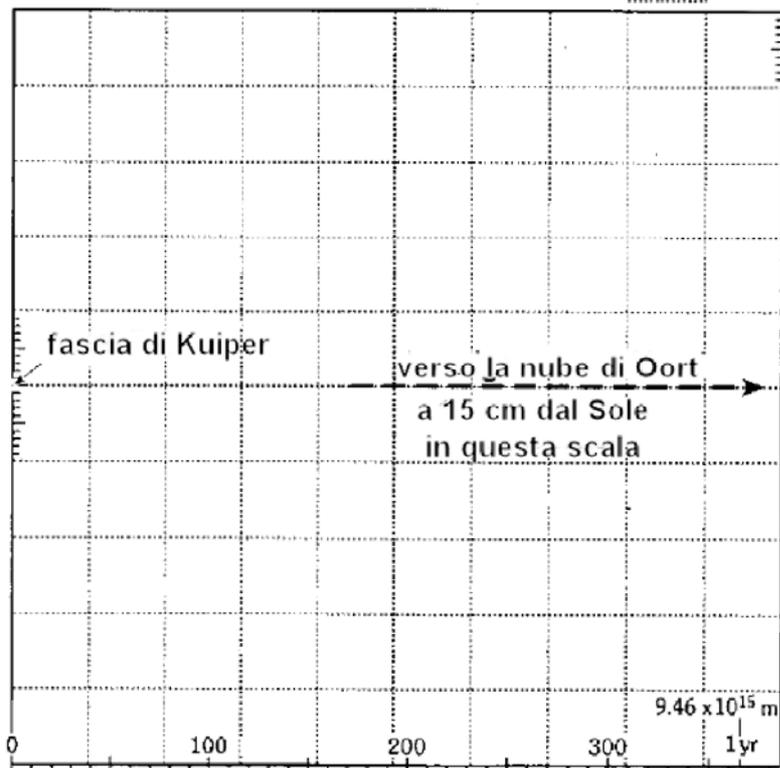


comete 10 miliardi di chilometri 10^{13} metri



tempo luce (giorni)

verso i confini del sistema solare 1000 miliardi di chilometri 10^{15} metri



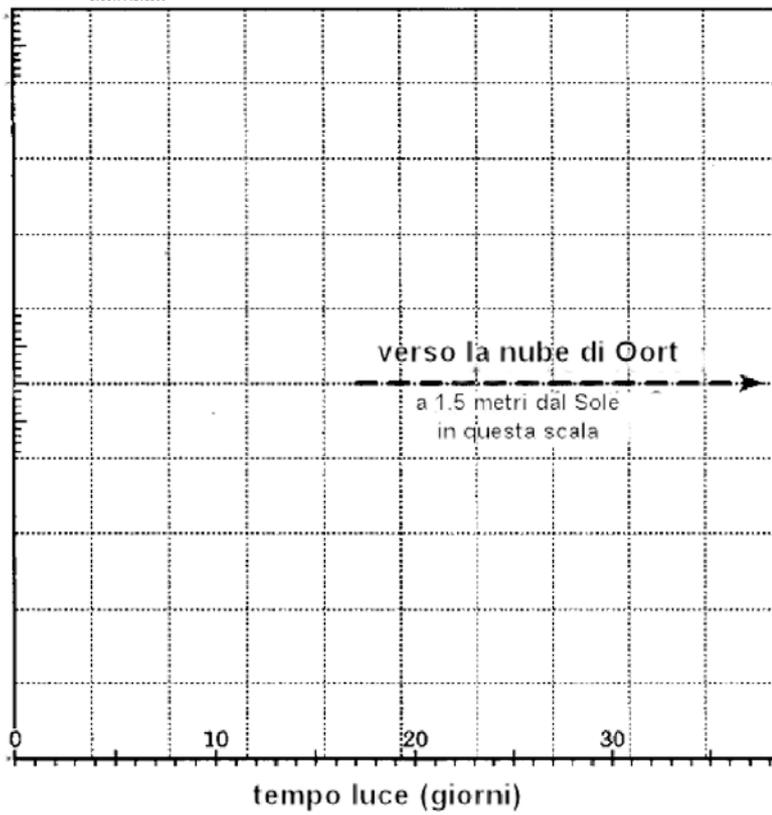
tempo luce (giorni)

10^{14}
metri



100 miliardi
di chilometri

il mondo
delle comete

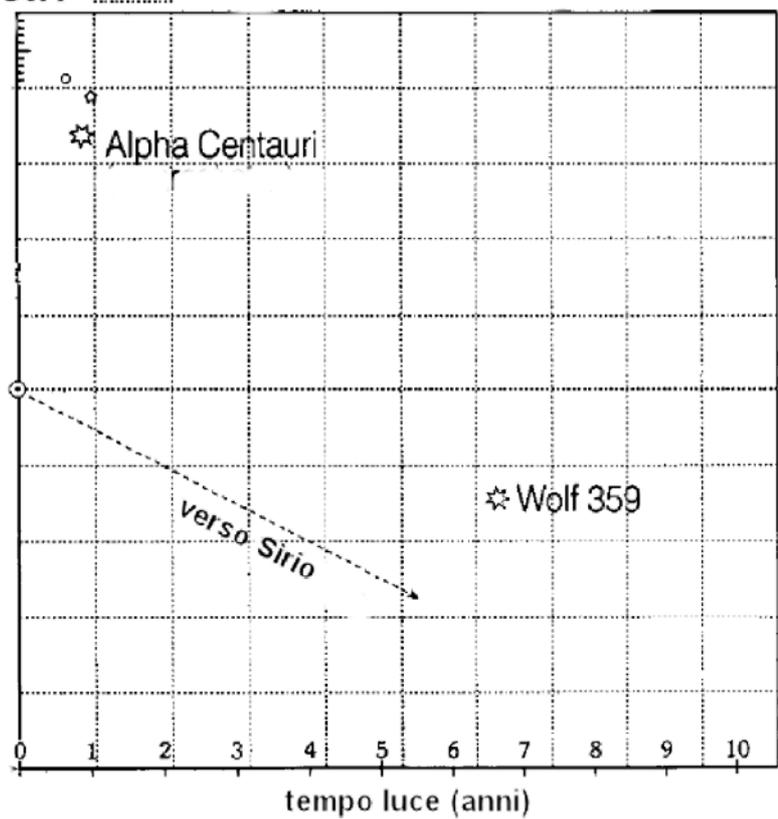


10^{16}
metri



circa 1
anno luce

vicini del Sole

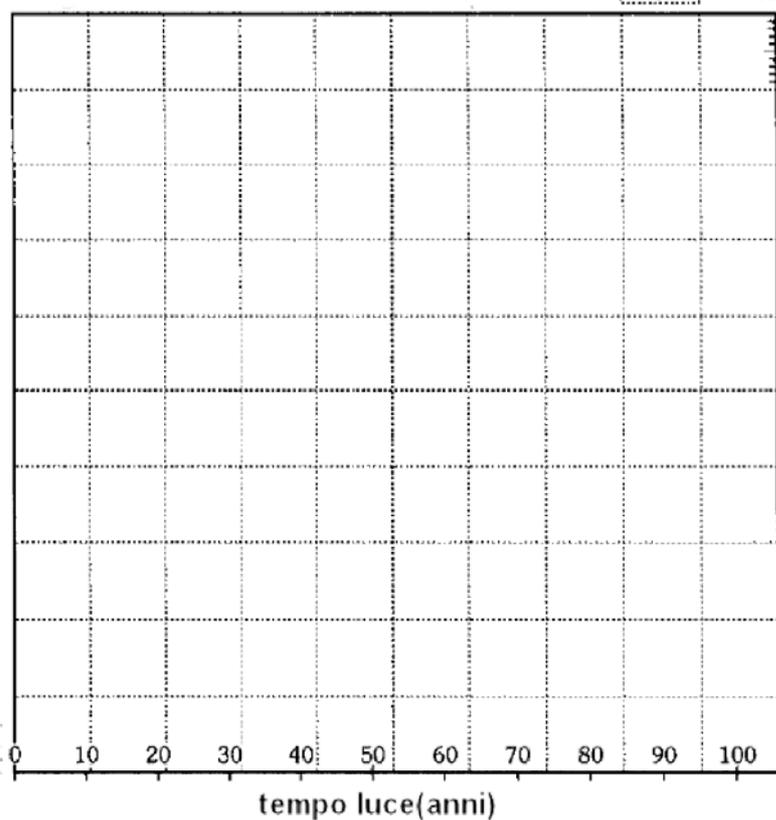


le stelle

circa 10
anni luce



10¹⁷
metri

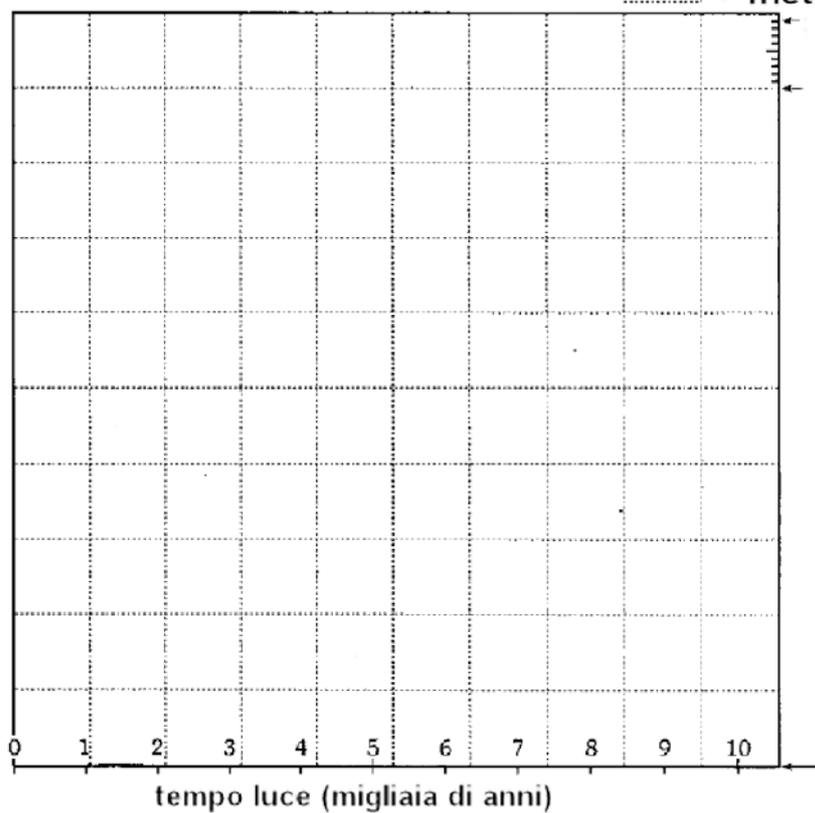


Braccio
galattico

1000 anni
luce



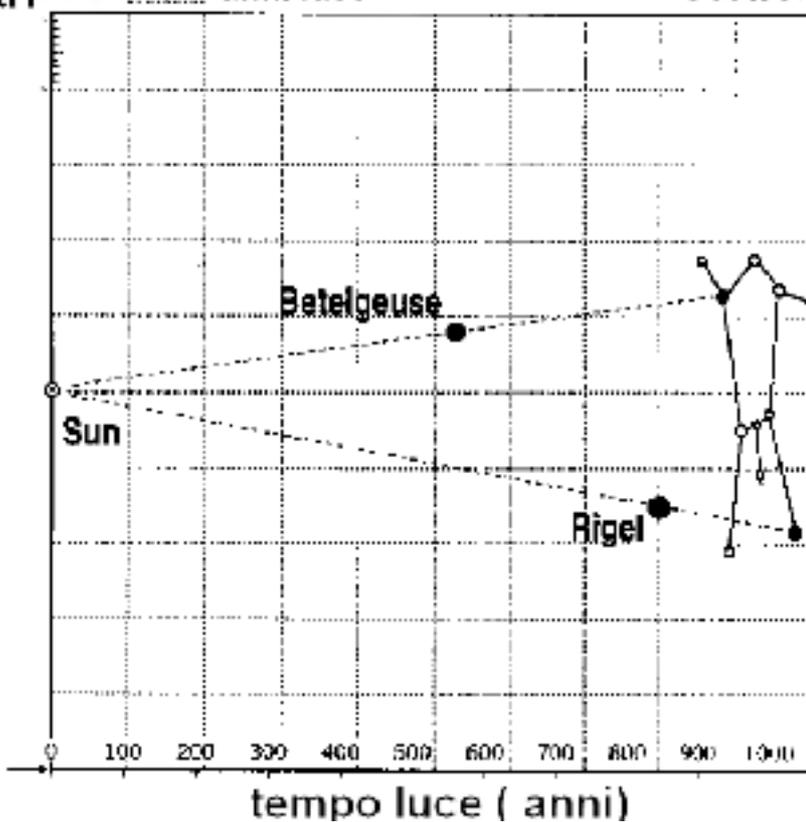
10¹⁹
metri



10^{18}
metri

100
anni luce

nudi di
stelle



Considerando che le distanze delle stelle riportate in questa mappa sono in scala rispondi alle seguenti domande.

Le stelle sono disegnate in scala?

Perché?

Dove si trova Sirio in questa mappa stellare?

Quanto è lungo l'anno galattico terrestre?

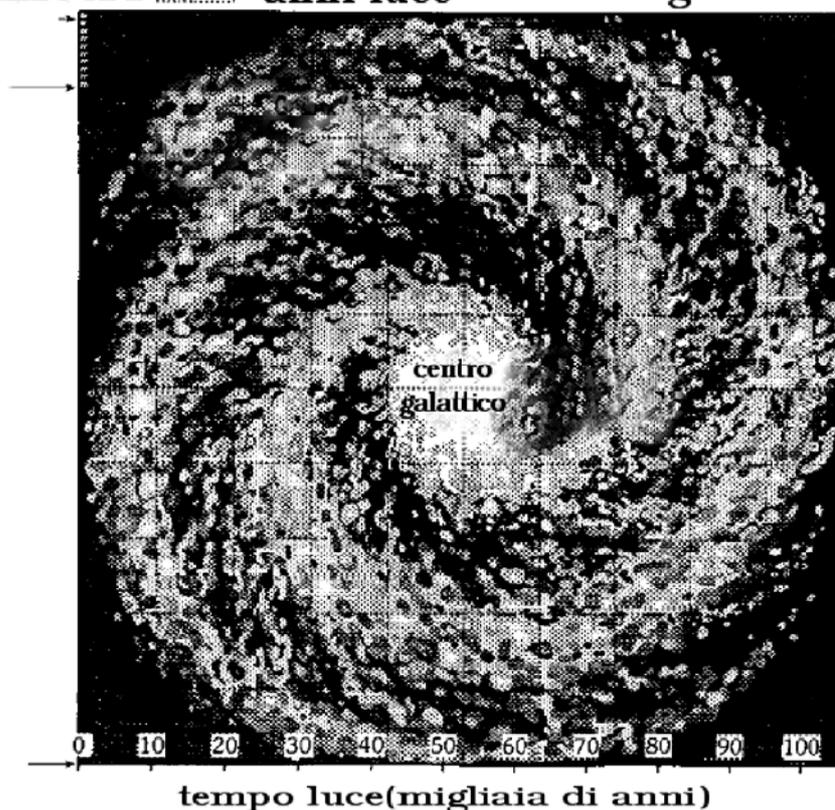
10^{20}
metri



circa 10000
anni luce

la nostra
galassia

Quante orbite attorno al centro galattico ha percorso il Sole?

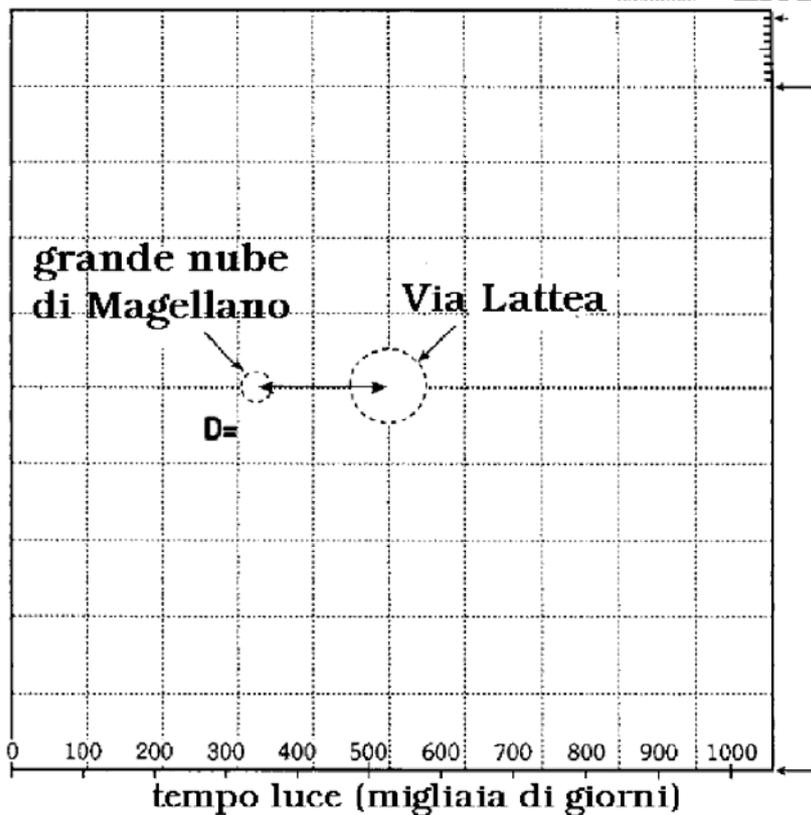


La galassia e i suoi satelliti

100000
anni luce



10^{21}
metri

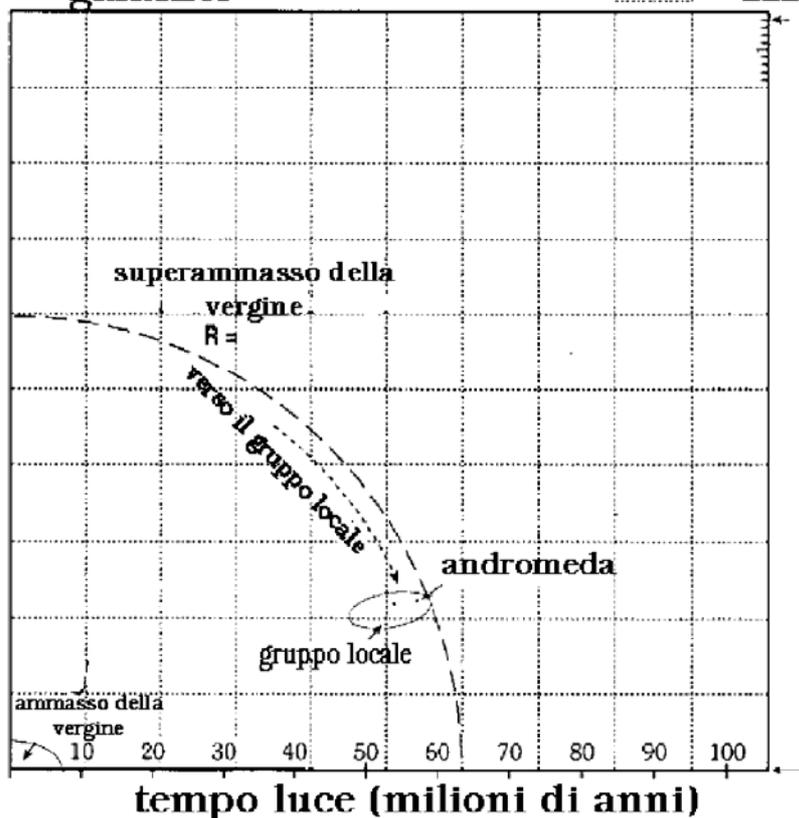


Superammassi galattici

10 milioni di anni luce



10^{23}
metri



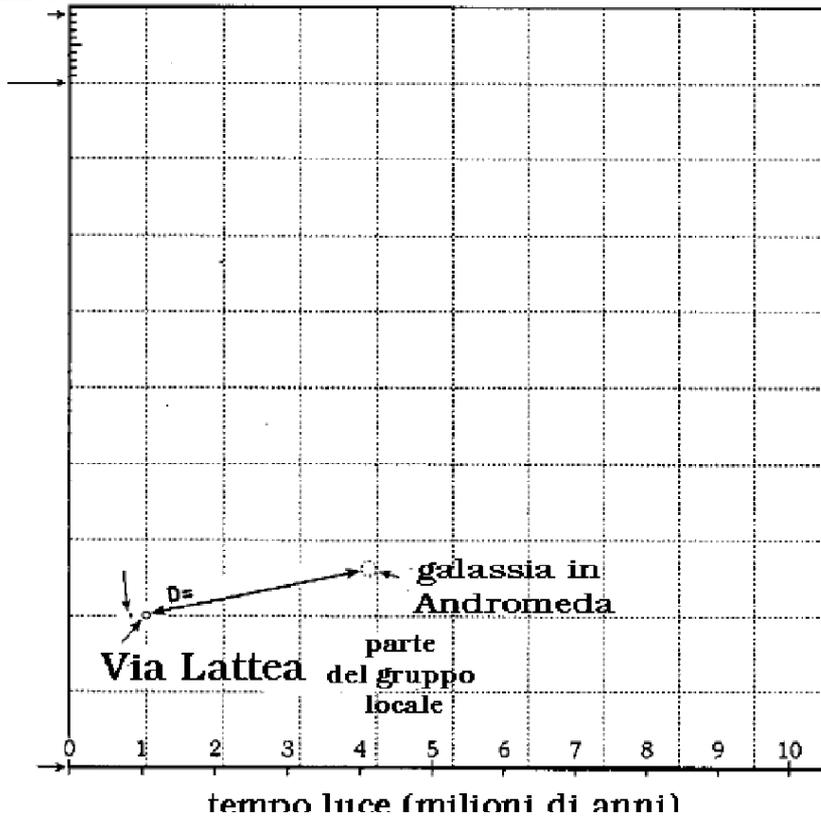
10^{22}
metri



1 milione
di anni luce

gruppo
locale

Quando una stella di 40
masse solari nasce nella
galassia di Andromeda
possiamo vedere la sua luce
prima che essa muoia?

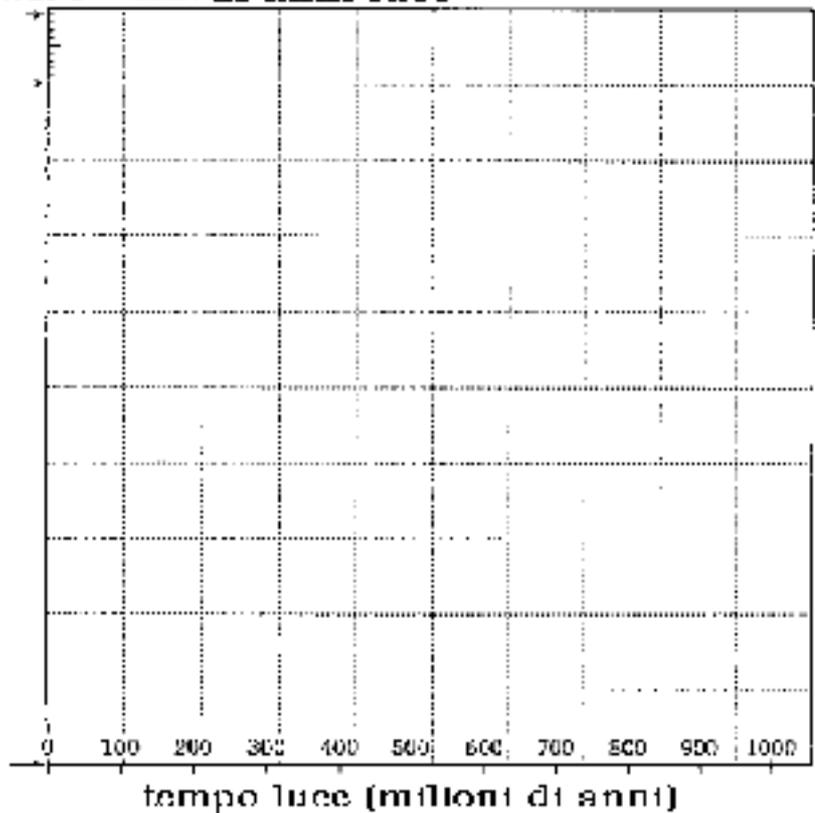


10^{24}
metri



100 milioni
di anni luce

galassie

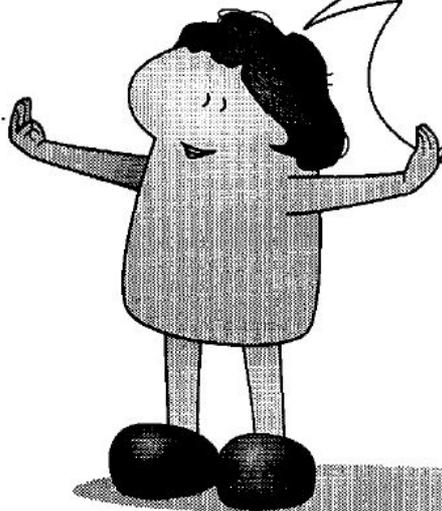
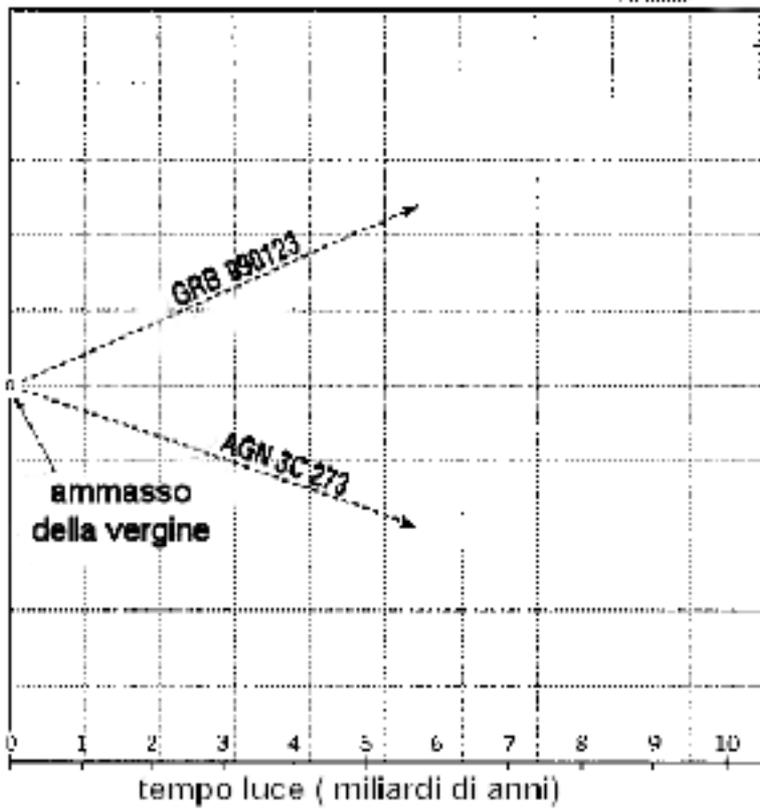


l'universo visibile

1 miliardo
di anni luce



10^{25}
metri



Il retro di questo atlante
mostra gli oggetti più grandi,
gli oggetti più lontani,
gli oggetti più vecchi