

Quante stelle possiamo vedere in cielo?

Livello scolastico: 1° biennio

Abilità interessate	Conoscenze	Nuclei coinvolti	Collegamenti esterni
<p>Conoscere ed usare il sistema internazionale delle unità di misura.</p> <p>Scegliere, utilizzare, costruire strumenti per effettuare misure dirette o indirette di grandezze.</p> <p>Stimare l'ordine di grandezza di una misura</p>	<p>Rappresentazione scientifica ed esponenziale dei numeri razionali e reali.</p> <p>Il piano euclideo: uguaglianza di figure, poligoni e loro proprietà. Ampiezza degli angoli.</p> <p>Proprietà dei principali indici statistici di posizione e di dispersione.</p>	<p><u>Misurare</u></p> <p>Numeri e algoritmi</p> <p>Spazio e figure</p> <p>Dati e previsioni</p> <p>Risolvere e porsi problemi</p> <p>Laboratorio di matematica</p>	<p>Astronomia</p> <p>Scienze</p> <p>Laboratorio di fisica-chimica</p>

Contesto

Il cielo.

Il contesto dell'attività è quello dell'osservazione del cielo. Si tratta in particolare di stimare in modo ragionevole il numero di stelle osservabili ad occhio nudo in un certo luogo, servendosi di uno strumento appositamente costruito.

Descrizione dell'attività

Questa attività può essere introdotta nell'ambito del primo biennio, dal momento che richiede conoscenze di aritmetica e di geometria del tutto elementari.

Prerequisiti: angoli e loro misura, angoli solidi, proporzionalità tra grandezze, frazioni algebriche.

Obiettivi: utilizzare semplici concetti aritmetici e geometrici in un contesto significativo, preso dalla realtà, coinvolgendo direttamente gli studenti in un'attività concreta di misurazione, al fine di ricavare un risultato non facilmente prevedibile a priori.

Prima fase

La sollecitazione del problema prevede una prima ricognizione delle convinzioni degli studenti, che vengono invitati a prevedere, magari dopo aver osservato in prima persona il cielo notturno, quale possa essere il numero approssimativo di stelle visibili in cielo durante una notte limpida. Si tratta di una richiesta estremamente semplice, che però può risultare molto complessa da soddisfare, poiché gli studenti si rendono subito conto di non avere punti di riferimento per rispondere in modo attendibile. In questa fase l'insegnante conduce una discussione collettiva che coinvolge tutta la classe, volta a focalizzare l'attenzione sia sulla stima del numero di stelle, sia sui metodi e sugli strumenti che possono essere adottati per ottenere questa stima. E' opportuno che, alla fine di tale discussione, l'insegnante archivi le proposte e le stime degli studenti, per poi confrontarle alla fine dell'attività con i risultati dell'esperimento.

Seconda fase

Dopo aver preso coscienza del problema, si passa alla fase operativa, che prevede di affrontare la questione mediante un'attività concreta di osservazione del cielo. Si propone a questo scopo la

costruzione di un tubo per osservazioni, di raggio interno R e di lunghezza L , aperto ad entrambe le estremità. Il tubo viene dipinto di nero opaco all'interno e l'estremità in corrispondenza della quale gli studenti devono collocare un occhio, viene chiusa con un piccolo coperchio che presenta un foro centrale di circa 10 mm di diametro. Per realizzare osservazioni accurate è opportuno che il tubo venga fissato ad un treppiede.

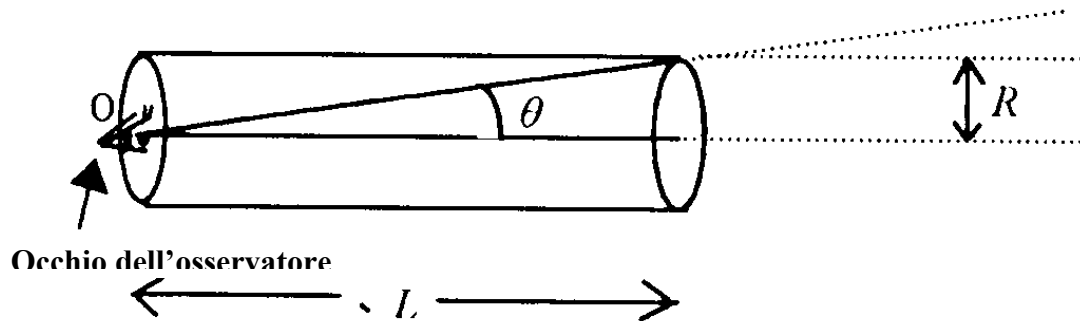


Figura 1

Si verifica subito che la misura del raggio del tubo viene vista sotto una dimensione apparente $\vartheta = \frac{R}{L}$ e che l'angolo solido sotto il quale gli studenti vedono l'estremità del tubo opposta a quella

in cui collocano il proprio occhio, è $\Omega = \frac{\pi R^2}{L^2}$. Questa formula indica di conseguenza la porzione di cielo osservabile, che corrisponde per l'appunto ad un opportuno angolo solido: tale grandezza geometrica trova in questo esempio, come del resto avviene in generale in astronomia, una applicazione significativa. Poiché l'angolo solido Ω_1 corrispondente alla totalità della sfera celeste è 4π steradiani (sr), si ricava subito una relazione di proporzionalità tra l'angolo solido delimitato dal tubo e l'angolo solido corrispondente alla totalità del cielo: $\frac{\Omega}{\Omega_1} = \frac{R^2}{4L^2}$.

Terza fase

Dal luogo di osservazione scelto si punta il tubo secondo una certa direzione e, senza muoverlo, si conta il numero n di stelle visibili ad occhio nudo entro l'apertura del tubo (in queste condizioni il numero di stelle è generalmente piccolo e facile da determinare). In seguito si punta il tubo in un'altra direzione e si ripete il conteggio. È consigliabile eseguire almeno 15 conteggi, in riferimento a diverse direzioni di osservazione.

Quarta fase

Si passa quindi all'elaborazione dei risultati, con il calcolo della media aritmetica dei valori raccolti nelle diverse operazioni di conteggio. Questo valore rappresenta il numero medio \bar{n} di stelle visibili entro l'angolo solido Ω precedentemente definito. Poiché si ragiona in base al numero medio di stelle osservabili entro il dato angolo solido, il numero di stelle osservabili è direttamente proporzionale all'angolo solido di osservazione. Si ricava quindi una stima del numero N di stelle

visibili ad occhio nudo nella totalità della sfera celeste: $N = \frac{4L^2\bar{n}}{R^2}$.

(Per dare un'idea di quello che ci si può aspettare da un esperimento del genere, si segnala che, con un tubo di lunghezza $L = 40,0$ cm e raggio $R = 3,0$ cm, in presenza di buone condizioni di osservazione si può prevedere un valore per \bar{n} pari a circa 8,1, il che conduce ad una stima per N pari a circa 5800).

Quinta fase

Vale la pena soffermarsi a commentare ed analizzare i risultati ottenuti in base a varie considerazioni, per abituare gli studenti a sviluppare un certo senso critico nei confronti dei risultati numerici che un'attività di misurazione permette di ricavare. In primo luogo è evidente che, trovandosi sulla superficie terrestre, in un dato istante è visibile soltanto una metà della sfera celeste, pertanto in media ci sono $\frac{N}{2}$ stelle accessibili a un osservatore ad occhio nudo, essendo N il dato sperimentale ottenuto.

Possibili sviluppi

In collegamento con l'insegnamento di Scienze o di Laboratorio di Fisica-Chimica, si può ampliare il discorso ed affrontare la questione dell'influenza dell'atmosfera terrestre sull'assorbimento della luce stellare, il che riduce l'effettivo numero di stelle visibili ad occhio nudo, considerando inoltre gli effetti dovuti alle condizioni atmosferiche, all'eventuale inquinamento dell'aria ed alla specifica collocazione del sito di osservazione.

A tal scopo si riporta la seguente scheda di approfondimento.

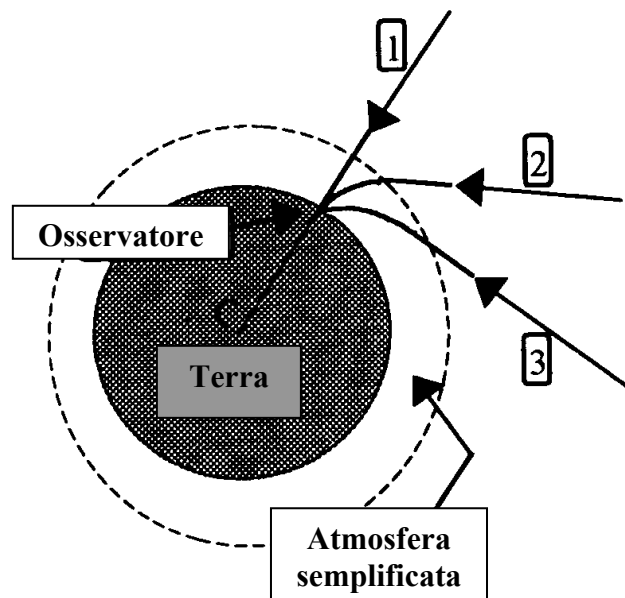


Figura 2

L'influenza dell'atmosfera terrestre.

Nella figura 2 sopra riprodotta si può vedere che, supponendo un modello di atmosfera semplificata (ovvero, con uno spessore perfettamente delimitato e con un indice di rifrazione decrescente con l'altezza), il percorso del raggio luminoso 1 attraverso l'atmosfera è molto più breve di quello del raggio 2, mentre quest'ultimo è, a sua volta, più breve di quello del raggio 3. In tali condizioni l'assorbimento della luce stellare da parte dell'atmosfera è minimo nelle vicinanze dello zenit (il caso del raggio 1) ed è massimo per gli astri che si trovano in corrispondenza di una piccola altezza,

vicino cioè all'orizzonte. Stando così le cose, si comprende come la luce delle stelle più vicine all'orizzonte sia maggiormente assorbita rispetto alla luce delle stelle che si trovano ad un'altezza maggiore. Si verifica inoltre che una data stella, poco dopo che è spuntata sull'orizzonte, ha apparentemente una minore brillantezza (a causa dell'assorbimento della luce da parte dell'atmosfera) di quella che possiede più tardi, quando si trova ad un'altezza maggiore rispetto all'orizzonte. Ad esempio, una stella visibile con qualche difficoltà nelle vicinanze dello zenit (caso 1) è del tutto invisibile ad occhio nudo quando si trova ad un'altezza di circa 8° . Pertanto, la figura 2 spiega il motivo per cui, benché nelle condizioni precedentemente descritte fosse ammissibile che si vedessero ad occhio nudo 2900 stelle, in realtà il numero di stelle visibili è minore; in prossimità dell'orizzonte molte stelle che sarebbero individuabili se fossero più in alto, non sono più visibili a causa dell'assorbimento della luce da parte dell'atmosfera. Considerando questo effetto, il numero di stelle osservabili ad occhio nudo, in un dato luogo ed in un certo momento, è soltanto il 70% del valore $\frac{N}{2}$ che ci si dovrebbe aspettare se non ci fosse

l'assorbimento atmosferico: in questo caso ci sarebbero soltanto circa 2000 stelle visibili ad occhio nudo. E' interessante ed istruttivo eseguire comunque l'esperienza descritta in qualsiasi luogo l'osservatore si trovi, sia che esso risulti un buon sito dal punto di vista astronomico, sia che risulti mediocre oppure, al contrario, eccezionale. Se il valore \bar{n} fosse, ad esempio, pari a 1,7 (si tratterebbe di un sito francamente di cattiva qualità), l'equazione ottenuta darebbe per N il valore $1,2 \cdot 10^3$, il che suggerirebbe un valore di circa 420 stelle visibili ad occhio nudo in un dato istante, senza l'ausilio di un qualsiasi strumento ottico di osservazione (avendo già considerato l'assorbimento della luce da parte dell'atmosfera). Persino in un luogo eccezionale (in assenza totale di inquinamento, in presenza di aria secca e ad una grande altitudine), nel caso di un osservatore allenato e con una vista eccellente, un valore per \bar{n} pari a 11,0 permette di ottenere $N = 7,8 \cdot 10^3$ stelle. In queste condizioni veramente particolari, un osservatore può scorgere pertanto, nella migliore delle ipotesi, circa 2700 stelle. In effetti, in un certo istante si può vedere un po' di più di metà della sfera celeste, dal momento che la rifrazione atmosferica aumenta l'altezza degli astri, un fenomeno evidenziato nella figura 3 in modo decisamente più marcato di quanto accada in realtà.

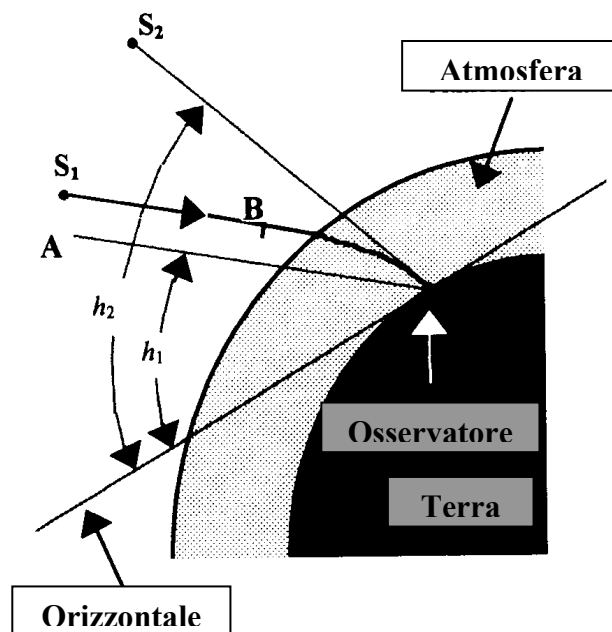


Figura 3

La figura 3 mostra, non in scala, il cammino di un raggio luminoso, emesso dalla stella S_1 , che raggiunge l'osservatore posto nel punto O. Se non esistesse l'atmosfera, la stella sarebbe vista in corrispondenza all'altezza h_1 (AO e S_1B sono direzioni parallele, come è ovvio). A causa della rifrazione atmosferica, per un certo osservatore tutto avviene come se l'astro si trovasse nella posizione S_2 ed esso viene visto in corrispondenza dell'altezza $h_2 > h_1$. L'innalzamento apparente dell'astro (Δh) è dato dalla differenza $h_2 - h_1$ ed è tanto minore quanto maggiore è la sua altezza. Per questo motivo un astro sembra essere più alto di quanto sarebbe se venisse osservato in assenza dell'atmosfera terrestre. Tale effetto è massimo nelle vicinanze dell'orizzonte e diminuisce gradualmente con l'altezza, fino ad annullarsi allo zenit. D'altro canto, è bene ricordare che l'innalzamento apparente degli astri può raggiungere un valore massimo di soli $(0,57)^\circ$ circa. Di conseguenza è facile concludere che il piccolo aumento dell'estensione della sfera celeste osservabile, provocato dal fenomeno della rifrazione, dà un contributo del tutto trascurabile alla determinazione del numero di stelle visibili ad occhio nudo.