

Molte dei numeri che usiamo nella scienza non sono mai stati misurati direttamente, li conosciamo solo attraverso delle misurazioni indirette.
 Quanto lontano è il Sole? Qual è il diametro degli anelli di Saturno?
 In questo Science Snack ti presentiamo un metodo insolito per stimare dimensioni e distanze in modo semplice, utilizzando un rapporto... a portata di mano!

1. Strumenti e materiali



Ti serviranno:

- La tua mano
- Un metro
- Nastro adesivo (meglio di carta)
- Un aiutante
- Spago

2. Cosa fare e osservare

Puoi seguire i passaggi che ti racconteremo nelle prossime righe nel video che trovi alla pagina: <https://www.exploratorium.edu/snacks/handy-measuring-tool>



Apri la tua mano stendendo per bene le dita: questo sarà il nostro strumento di misura! La distanza tra la punta del pollice e la punta del mignolo tradizionalmente viene chiamata *spanna* e sarà l'unità di misura che utilizzeremo per stimare un'altezza.

Misura ora la lunghezza del tuo braccio utilizzando la spanna: qual è il rapporto tra la lunghezza del tuo braccio e la tua spanna? Puoi arrotondare questo rapporto ad una semplice frazione, per esempio in molte persone misurano che il loro braccio è circa tre volte più lungo della loro spanna, quindi un rapporto 1 a 3 (1:3).



Misure... a portata di mano!



Per iniziare cerca di svolgere questa misura con un oggetto di cui sei in grado di misurare direttamente l'altezza (come una porta o una finestra).

Chiamiamo l'**altezza** dell'oggetto scelto: **h**.

Chiudi un occhio e stendi il braccio davanti a te, cercando di posizionarti in modo **che l'oggetto di cui vuoi conoscere l'altezza sia in corrispondenza della tua spanna** (la punta del pollice deve corrispondere con la sommità dell'oggetto e la punta del mignolo alla base). Attenzione a mantenere ben steso il braccio!

A questa distanza il **rapporto tra h e la distanza tra l'oggetto stesso e il tuo occhio** è il medesimo del **rapporto della lunghezza del braccio e la tua mano**, ossia $1/3$. Ciò significa che **la distanza tra il tuo occhio e l'oggetto è tre volte l'altezza dell'oggetto**.

Segna la tua posizione con del nastro carta e usa questo contrassegno per misurare la distanza fra te e l'oggetto di cui stai stimando l'altezza (in cm).

Chiameremo questa **distanza**: **d**.

Per misurare indirettamente l'altezza dell'oggetto che hai scelto puoi a questo punto usare la proporzione:

$$\frac{\text{altezza oggetto}}{\text{distanza oggetto - occhio}} = \frac{\text{spanna}}{\text{lunghezza braccio}} = \frac{1}{3}$$

$$\frac{h}{d} = \frac{1}{3}$$

$$h = \frac{d}{3}$$

Misura ora l'altezza in modo diretto (aiutandoti con un metro). Quanto bene ha funzionato la tua misurazione indiretta?

Per calcolare l'errore di misura trova la differenza tra il valore misurato indirettamente e quello misurato direttamente. Dividi questa differenza per l'altezza effettiva misurata direttamente e moltiplica per 100, per ottenere un valore espresso in percentuale.

Misurare con il pugno chiuso

Possiamo usare la stessa procedura per misurare indirettamente utilizzando il pugno chiuso della mano.

Innanzitutto stimiamo il rapporto tra il pugno e il braccio steso. Quanti pugni chiusi (non contare il pollice) stanno nella lunghezza del tuo braccio? Fai attenzione a non ruotare troppo il pugno quando svolgi questa misurazione. Il rapporto più comune è 1:7, ossia il braccio è lungo sette volte la lunghezza del pugno.

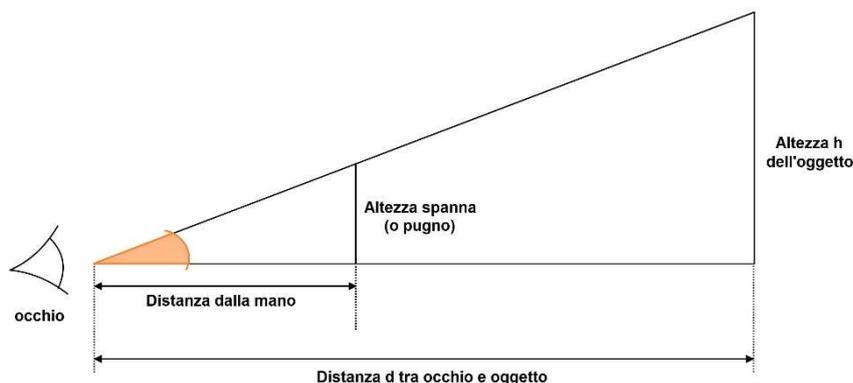
Ora seguendo la stessa procedura di prima, oscura un oggetto di cui puoi conoscere l'altezza direttamente, con il pugno chiuso della mano. Nello svolgere questa operazione fai attenzione a che il tuo braccio sia steso in modo che la spalla sia il più possibile allineata con i tuoi occhi.

Questa volta il rapporto tra h e la distanza tra il tuo occhio e l'oggetto è pari ad $1/7$ e misurando come prima la distanza tra te e l'oggetto sarai in grado di misurare indirettamente l'altezza dell'oggetto che hai scelto.

Puoi calcolare allo stesso modo anche l'errore della tua misura indiretta. È più precisa la misurazione "a spanna" o "a pugno"?

3. Cos'è successo?

Utilizzando questo metodo andiamo a creare due triangoli simili, ossia l'angolo che formano il tuo braccio, l'occhio e la spanna (ma anche il pugno) è lo stesso che formano la distanza tra te e l'oggetto, il tuo occhio e l'oggetto stesso. È probabilmente tutto più chiaro osservando questo schema:



Misure... a portata di mano!

Essendo questi due triangoli simili (hanno gli stessi angoli interni), il rapporto tra i lati rimane lo stesso. La proporzione che abbiamo utilizzato precedentemente è valida proprio per questo motivo.

Ecco perché possiamo utilizzare il rapporto noto tra il nostro braccio e la nostra spanna, o pugno, per stimare facilmente l'altezza di un oggetto che possiamo raggiungere ma non misurare (ad esempio un albero in un prato).

Con un aiutante puoi anche provare a "disegnare" questo triangolo utilizzando lo spago e il nastro di carta. Ti basterà attaccare un'estremità dello spago al punto più alto dell'oggetto che hai misurato, chiedere al tuo aiutante di posizionarsi come se stesse compiendo la misura (quindi con il braccio steso oscurando l'oggetto con la spanna o il pugno) reggendo lo spago all'altezza dell'occhio (come mostrato in figura) ed infine attaccare l'altra estremità dello spago alla base dell'oggetto misurato.



In questo modo i due triangoli simili saranno evidenti, un triangolo più piccolo dentro all'altro.

Puoi inoltre trovare l'angolo sotteso dalla tua mano comparandolo con uno più semplice da conoscere. Infatti nel momento in cui estendiamo le braccia all'altezza delle spalle, l'angolo formato dalle braccia stesse è di 180° . Quante spanne stanno tra le due braccia stese a formare un angolo di 180° ? Prova a misurare questa quantità, magari con un aiutante, badando a mantenere sempre le braccia ben stese e all'altezza delle spalle. Per molte persone il numero di spanne che sta in 180° è circa 9 e quindi con un semplice calcolo possiamo ottenere l'ampiezza dell'angolo sotteso dalla nostra spanna:

$$180^\circ / 9 = 20^\circ$$



Misure... a portata di mano!



A cura di



4. Approfondimento

Questo strumento è utilizzato dagli astronomi per misurare gli oggetti nel cielo. Quando il tuo braccio è ben steso di fronte a te la tua spanna oscura (o sottende) circa 20° del tuo campo visivo (assumendo l'occhio come vertice del triangolo).

Usando anche altre ampiezze, derivanti da altre unità di misura quali ad esempio il pugno, possiamo misurare anche diversi gradi (per esempio servono circa due pugni per arrivare all'ampiezza di una spanna, quindi il pugno sottende circa 10° di campo visivo).

La seguente tabella riproduce i rapporti comuni alla maggioranza delle persone:

Unità di misura	Rapporto <i>(in relazione con la lunghezza del braccio)</i>	Gradi sottointesi
Spanna	1:3	20°
Pugno	1:7	10°
Unghia del pollice	1:30	2°
Unghia del mignolo	1:60	1°

Con varie combinazioni di questi rapporti angolari puoi misurare vari oggetti nel cielo notturno. Riesci ad esempio a determinare il diametro angolare dell'Orsa Maggiore o della Luna piena?

5. Link utili

- Il Science Snack che hai appena provato è un'idea dell'**Exploratorium** di **San Francisco** (California, USA), dei veri esperti nel costruire esperimenti. Lo puoi trovare qui:

<https://www.exploratorium.edu/snacks/handy-measuring-tool>

Dai un'occhiata alle centinaia di esperimenti che propongono, sono davvero divertenti! (e così potrai anche ripassare un po' di inglese).

- Ecco un ottimo video segnalato dall'Istituto Nazionale di Astrofisica (INAF) per capire come si misurano le distanze in astronomia (è in inglese, ma niente paura, se vuoi ci sono i sottotitoli!)

https://edu.inaf.it/index.php/video_settimana/come-si-misurano-le-distanze-nelluniverso/