

Problemi alla Fermi

Lorenzo Mauro Sabatino

1 Introduzione^[1]

Si racconta che Enrico Fermi fosse solito porre ai propri studenti strane domande come “Quanti sono gli accordatori di pianoforte a Chicago?”. Fermi ovviamente **non** era interessato a sapere il **numero esatto** dei professionisti in grado di restituire ad un pianoforte la sua corretta funzionalità. Al grande fisico romano importava invece sviluppare nei suoi studenti le **capacità di ragionamento** utili a risolvere i problemi che si trovano ad affrontare tutti gli scienziati nel loro lavoro di ricerca.

Uno dei primi strumenti di un’immaginaria cassetta degli attrezzi di uno scienziato (sia esso matematico, fisico, chimico, ingegnere, ecc...) è proprio la capacità di **stimare l’ordine di grandezza** del fenomeno che si dovrà studiare.

“Uno scienziato non fa mai un calcolo se prima non sa quanto deve risultare”. In altri termini, qualunque problema di tipo quantitativo si stia affrontando ci si chiede, prima ancora di trovare la risposta, se si è in grado di stimarne l’ordine di grandezza. Ovvero se il valore che ci si aspetta di trovare è 10, 100 o 100000. Inoltre, questo tipo di calcolo richiedere di ragionare a partire da **pochi dati noti**, stimandone altri.

Note

Qui di seguito potete trovare una raccolta di problemi ”alla Fermi”. I quesiti presenti provengono da una selezione di siti (tra cui [2]). Il file verrà aggiornato in futuro con nuove domande proposte a lezione.

Per fare i conti usate la notazione scientifica e approssimate alla prima cifra significativa.

Suggerimenti:

- individuate le variabili chiave che influiscono sulla soluzione del problema, trascurando tutte le altre;
- fornite una stima ragionevole di queste variabili, utilizzando ordini di grandezza;
- procedete in maniera ordinata per passaggi successivi.

Problemi

1. Il peso degli esseri umani

Stimare il peso di *tutti* gli esseri umani.

2. Lotterie nazionali

Supponiamo di impilare uno sull'altro tutti i biglietti della lotteria nazionale. A che altezza arriveranno? Quanti alberi sono stati abbattuti per produrli?

3. Byte in biblio

Supponiamo che per memorizzare un qualsiasi carattere di stampa, ad esempio le lettere “a”, “g”, “k”, ma anche lo spazio “_”, il punto e virgola “;”, la virgola “,” ecc., occorra 1 byte.

I byte sono unità di misura per la memoria: kilobyte ($1 \text{ Kb} = 10^3 \text{ b}$), Megabyte (10^6 b), Gigabyte (10^9 b), Terabyte (10^{12} b).

Stimare quanti byte occorrono per:

- memorizzare un libro;
- un'intera biblioteca;
- tutte le biblioteche d'Italia;
- tutte le biblioteche del mondo.

4. Diavoli per capello

Quanti capelli ha in testa una persona? Qual è la loro lunghezza totale?

5. Spianare una montagna

Quanti camion occorrerebbero per portar via il Monte Bianco? Supponendo che ne parta uno al secondo a pieno carico, quanto tempo occorrerebbe?

6. Corpi celesti

Calcolare il volume della Terra (volume sfera raggio r : $V \sim 4r^3$). Supporre che la Terra abbia la densità dell'acqua. Calcolarne la massa. Fare la stessa cosa per il Sole.

7. Cellule sulla retina

Stimare il numero delle cellule sulla retina. Suggerimento: qual è l'area della retina? Supponiamo che sia “pavimentata” da cellule (così come un pavimento è ricoperto di piastrelle). Quali sono le dimensioni di una cellula?

8. Perdersi in un bicchier d'acqua

Quante molecole d'acqua ci stanno in un bicchiere?

Stimare la quantità di acqua che c'è nel mare. Quanti bicchieri sono?

9. **Sostentamento**
Quanta acqua beve in un anno un essere umano?
10. **La velocità delle unghie.**
Stimare la velocità di crescita delle proprie unghie e poi riportarla in metri al secondo (m/s).
11. **Respiri**
Quanti kg di anidride carbonica emette un essere umano respirando in un giorno?
12. **Il cielo in una stanza**
Stimare quanti km è un anno luce. La stella più vicina al Sole, α Centauri, dista circa 4 anni luce.
Stimare il volume di un granello di sabbia e quello dell'aula. Quanti granelli entrano nell'aula?
Supponiamo che due stelle abbiano il diametro di 10^6 km e distino tra loro 4 anni luce. Se le rimpiccioliamo entrambe fino a far loro assumere le dimensioni di un granello di sabbia, a che distanza le dobbiamo mettere l'una dall'altra (per rispettare le proporzioni del nostro modello in scala)?
13. **Ricetta ideale**
Quanti spaghetti ci sono in un kg di pasta?
14. **Caos in cucina**
Quante palline da pingpong entrano nella vostra cucina?
15. **Questioni di età**
Quanti anni hai se hai un milione di secondi? Un milione di ore? Un milione di giorni?
16. **Stima sportiva**
Quanti fili d'erba sintetica ci sono nel campo da calcio della scuola?
17. **TikTok**
Quante ore di video di TikTok vengono viste ogni giorno a livello globale?
18. **Troppa acqua**
Quant'acqua viene utilizzata quotidianamente dalla popolazioni di una metropoli di tre milioni di abitanti?

2 Approfondimento

L'ordine di grandezza come strumento di debunking^[1]

Uno degli strumenti più utilizzati dagli oratori (politici, giornalisti e opinionisti vari) è quello di sfoderare una lista di numeri e statistiche a sostegno delle loro tesi e affiancare, a questi numeri, proposte di modifiche di leggi o quanto altro. Anche molte delle fake news che girano su internet sono solite citare numeri e statistiche a loro vantaggio.

Un esempio classico di problema di stima dell'ordine di grandezza è quello del numero dei partecipanti ad una manifestazione e del differente valore dato da organizzatori e questura.

Ad ogni manifestazione si ripete puntualmente un balletto di numeri che spesso differiscono di un fattore 10 fra loro.

È possibile credere alla notizia secondo cui in una piazza sono entrati 2-3 milioni di persone quando, stimando l'estensione in metri quadrati della stessa e mettendo i partecipanti stipati come sardine, si arriva al massimo a duecento-trecentomila persone ovvero un ordine di grandezza inferiore?

Per esempio, la storica piazza San Giovanni di Roma, luogo tradizionalmente adibito a manifestazioni e concerti, ha una estensione di circa 40.000 metri quadrati e, anche ipotizzando una presenza in media elevata di 5-6 persone a metro quadrato, non è possibile arrivare al milione di partecipanti, neanche coinvolgendo le zone limitrofe dove inevitabilmente la densità dei manifestanti sarà di gran lunga più bassa.

Un ulteriore esempio è rappresentato dalle proposte (alcune ormai attuate) di abolizione di alcune spese della politica (per esempio i vitalizi dei parlamentari).

È in grado un elettore di stimare l'ordine di grandezza di questi risparmi?

Di fronte a queste difficoltà si conferma, invece, l'importanza di imparare a risolvere questi cosiddetti “problemi alla Fermi”. Questa competenza dovrebbe entrare a far parte del bagaglio di conoscenze di ogni cittadino che in questo modo sarebbe in possesso di un utile “setaccio” per selezionare le affermazioni non veritiere.

Riferimenti bibliografici

- [1] Articolo del CICAP <https://www.cicap.org/n/articolo.php?id=278850>
- [2] <https://www.istitutolevi.edu.it/files/file/Formazione%20ambito11/problemifermi.pdf>