

L'angolo di zio Albert Primi passi nella Fisica

LA NATURA È PIGRA: L'ESEMPIO DELLE API

di Sergio Musazzi*

* Ricercatore e
divulgatore scientifico

Una rubrica per guidare i bambini della scuola del primo ciclo ad «accorgersi» della varietà dei fenomeni fisici presenti nella realtà quotidiana. Per dare soddisfazione a quella curiosità, definita «sacra» da Albert Einstein, tipica dei bambini ma anche dei grandi scienziati che oggi è spesso mortificata da tecnicismi e nozionismi. Una sfida che l'autore ha raccolto, coniugando semplicità concettuale e rigore linguistico. «Zio Albert» spiega ai suoi piccoli lettori un principio della fisica che si riscontra in tutti i fenomeni naturali e che le api, in modo stupefacente, applicano costruendo l'alveare.

Un caro saluto ai miei piccoli lettori. Questa volta vorrei spiegarvi perché la natura è... pigra! O, detto in termini meno vaghi, perché tutti i fenomeni naturali che osserviamo attorno a noi si verificano sempre in modo tale da ridurre al minimo l'energia in gioco: si tratta di quello che i fisici definiscono «principio di minima energia». Ricordo che l'energia di un qualunque sistema fisico rappresenta la sua capacità di compiere un lavoro: quanto più grande è l'energia posseduta, tanto maggiore è il numero delle cose che si possono fare. Se per esempio diamo un calcio a un pallone - un modo semplice per cedergli energia - è evidente che l'entità dei danni che questo può procurare urtando una vetrata (si tratta di un lavoro di rottura in questo caso...) sarà tanto maggiore quanto più grande è la sua velocità (cioè l'energia cinetica posseduta).

Torniamo ora al punto di partenza: cosa significa che qualunque sistema fisico, se lasciato a sé stesso, tende naturalmente a portarsi nella condizione in cui la propria energia diventi minima? Prendiamo il caso di una pallina appoggiata su una superficie piana. Se la superficie è orizzontale, la pallina rimarrà ferma in qualunque posizione venga posta. Ma se incliniamo il piano di appoggio, la biglia si metterà spontaneamente in movimento e rotolerà sulla superficie fino a portarsi nel suo punto più basso, che in questo caso rappresenta anche quello di minima energia (potenziale). Altri esempi dell'esistenza del principio di minima energia sono rappresentati dai corpi che assumono naturalmente una forma sferica, come per esempio le bolle di sapone o, su una scala spaziale decisamente maggiore, gli stessi pianeti del sistema solare. La forma sferica, infatti, nei corpi liberi o nei fluidi si giustifica col fatto che la sfera è il solido che, a parità di volume, possiede la minor superficie, e quindi, in ultima analisi, quello che richiede la minore energia per essere realizzato.



Gli alveari

Esiste in natura un esempio ancora più significativo del principio di minima energia, ed è rappresentato dagli alveari delle api. Come immagino sappiate, ogni celletta di un favo (il *condominio* delle api) ha la forma di un esagono regolare (vedi figura).

Si tratta, infatti, di una piccola cavità fatta di cera, composta da sei pareti piane, identiche fra di loro, disposte in modo da formare un prisma a base esagonale. Non so se ci avete mai pensato, ma questa costruzione rappresenta qualcosa di veramente stupefacente! Non sarebbe stato forse più logico aspettarsi di trovare delle celle con forme e dimensioni diverse, addossate disordinatamente le une alle altre? In fondo i loro costruttori non sono altro che dei semplici insetti (anche se il loro sistema nervoso centrale sembrerebbe effettivamente essere più evoluto rispetto a quello di altri loro simili).

Il problema che le api hanno dovuto affrontare per arrivare a concepire questa loro costruzione non è stato per niente semplice. Pensate, infatti, che esistono solo tre figure geometriche piane con i *lati uguali*, che possono essere affiancate per ricoprire uniformemente una superficie senza lasciare spazi vuoti. Si tratta dei triangoli equilateri, dei quadrati e degli esagoni regolari (la cosa è stata dimostrata dai matematici!). Quest'ultima soluzione, come anticipato, è quella adottata dalle api. Analizziamo, allora, un po' più in dettaglio, perché la scelta di realizzare celle di forma esagonale rappresenti anche quella che consente a questi insetti di rendere minima l'energia richiesta per la loro costruzione.

Innanzitutto, è facile intuire che la presenza di interstizi (spazi vuoti) fra le celle del favo, rappresenti un inutile spreco di spazio, cosa che andrebbe sicuramente contro il principio di economia. Pertanto, la scelta di avere le celle perfettamente affiancate senza lasciare spazi vuoti fra l'una e l'altra, consente di ridurre al minimo le dimensioni dell'alveare e quindi, in ultima analisi, di minimizzare il lavoro necessario per costruirlo.

La struttura geometrica delle celle

Veniamo ora al fatto che le celle del favo debbano avere anche una struttura geometrica regolare. Penso che non saremmo rimasti affatto sorpresi se avessimo scoperto che queste celle, pur rispettando il requisito di rimanere affiancate, non fossero tutte uguali ma avessero forme e dimensioni diverse l'una dall'altra. Anche in questo caso, infatti, sarebbe sempre possibile ricoprire la superficie del favo senza lasciare spazi vuoti. Vero! Ma così facendo le numerose celle dell'alveare dovrebbero essere costruite in sequenza una dopo l'altra per permettere alle api operaie di adattare la forma di ogni singola cella a quella delle celle confinanti: un metodo di lavoro decisamente poco efficace, che comporterebbe una grossa perdita di tempo. Ogni insetto, infatti, dovrebbe attendere pazientemente in fila che quello che lo precede finisca di costruire la sua abitazione prima di iniziare a costruire la propria! Nella realtà – come mostrato anche in alcuni filmati visibili su You Tube - per realizzare un alveare le api non si aspettano fra di loro ma lavorano tutte contemporaneamente, come se sapessero già in anticipo cosa devono fare. Un comportamento, questo, che indica come le api abbiano e seguano fedelmente un ben preciso piano d'azione che permette loro di raggiungere l'obiettivo prefissato. Una domanda, a questo punto, sorge spontanea. Perché le api hanno scelto per il loro progetto proprio la forma esagonale? Non era forse più facile utilizzare quella quadrata o quella triangolare che sono più semplici da realizzare e, come



abbiamo visto, soddisferebbero ugualmente i requisiti di ottimizzazione di spazio e tempo desiderati?

Il teorema del favo

Per scoprirlo, dobbiamo risalire a più di duemila anni fa, esattamente nel 36 avanti Cristo, quando l'erudito cittadino romano Marco Terenzio Varone concepì (ma si trattava solo di una congettura) quello che alla storia è stato tramandato con il nome di «teorema del favo». Questo teorema – dimostrato solo di recente (nel 1999) dal matematico statunitense Thomas C. Males – afferma che la griglia esagonale (quella usata dalle api) è l'unica struttura geometrica capace di dividere una superficie piana in regioni di uguale area con il più piccolo perimetro totale.

Ora, ripensiamo al progetto delle api: poiché il perimetro totale delle loro abitazioni è dato dalla somma dei lati di tutte le celle presenti sul favo, è evidente che quanto più piccolo è questo perimetro, tanto minore sarà la quantità di cera richiesta per la costruzione delle loro case. Siccome per produrre un grammo di cera un'ape ne deve consumare circa otto di miele, ridurre la superficie occupata dalle pareti delle celle significa per questi insetti visitare migliaia di fiori in meno e quindi risparmiare un sacco di lavoro e di tempo. La scelta della forma esagonale, pertanto, rappresenta quella che minimizza lo sforzo delle api e di conseguenza, come anticipato, il loro dispendio di energia. Ma questo, forse, le api lo sapevano anche prima che Marco Terenzio Varone lo intuisse...

C'è, infine, un ultimo particolare che permette di associare le api al principio di minima energia. Com'è noto, le api hanno bisogno dei fiori per cibarsi, mentre i fiori hanno bisogno di questi insetti per l'impollinazione. Esperimenti realizzati di recente da due gruppi di scienziati (francesi e tedeschi) mostrano che le api sono attratte maggiormente dai fiori che presentano una struttura simmetrica. A detta dei ricercatori, il motivo di questo comportamento è determinato dal fatto che gli stimoli nervosi generati dalla visione di strutture simmetriche sono processati più facilmente nel cervello delle api. Detto in altri termini, in questo caso le api devono utilizzare un minor numero di neuroni (le cellule del cervello) per acquisire ed elaborare le immagini dei fiori. Se non è risparmio energetico questo!

Questa volta non vi propongo alcun esperimento (così anche voi, gentili lettori, potrete risparmiare energia...), ma vi consiglio di visitare un apicoltore, dove potrete osservare questi intelligenti insetti al lavoro e acquistare nel frattempo un ottimo vasetto di miele.

Sergio Musazzi (Ricercatore e divulgatore scientifico)

DIRETTORE RESPONSABILE Mario Gargantini
<https://www.ilsussidiario.net/news/emmeciquadro>

Aut. Trib. Milano n. 226 del 24.3.2000
ISSN 2240-0389