

**James Kakalios**

## *La fisica dei supereroi*

di Claudio Cereda - marzo 2008



Questo libro l'ho comperato più per scommessa che per una scelta consapevole. Non ho mai letto quello di Lawrence Krauss dedicato alla *Fisica di StarTrek* e, mi sono detto, devi riparare. Non mi aspettavo niente di speciale e invece la sorpresa c'è stata ed è stata piacevole.

Kakalios è un fisico serio e il suo libro è la traduzione editoriale di un seminario per matricole tenuto alla università del Minnesota dove i professori sono incoraggiati a tenere lezioni su argomenti inusuali come la bioetica e il genoma, il rosso nella chimica, dai mucchi di sabbia a Wall Street (cos'è un sistema complesso). I seminari danno un credito agli studenti e nel nostro caso il seminario si intitolava *Tutto ciò che so della scienza l'ho imparato dai fumetti*.

Ne è uscito un libro che può essere letto sia da un appassionato di fumetti, per distinguere tra ciò che è pura fantasia e ciò che è invece futuribile, sia da uno studente desideroso di conoscere la fisica in maniera inusuale (lo consiglio in particolare agli studenti di III dei corsi di ordinamento per farsi una immagine più umana e meno astratta della fisica).

Il libro è strutturato in tre parti che trattano rispettivamente di meccanica, termodinamica ed elettromagnetismo, fisica moderna; ma i protagonisti non sono le leggi fisiche e le ripartizioni canoniche della fisica. Si parte da un fumetto o da un personaggio, se ne descrivono le proprietà inusuali e poi si cerca di capire se esse possano o no essere plausibili.

I cartoni animati hanno fatto perdere un po' del fascino delle strisce: leggere i dialoghi essenziali, guardare le immagini statiche e immaginare. Leggere con attenzione anche i suoni a corredo del testo: swik, snap, wraamm, whiirr. Kakalios, da vero appassionato di fumetti non si limita a citare e riassumere. Nel libro, per ogni questione trattata, ci sono le strisce con i testi tradotti e con opportune didascalie di commento. Insomma: *guardare per credere*.

### **Superman (ai miei tempi Nembo Kid)**

Clark Kent, figlio adottivo di una famiglia di Metropolis, è arrivato sulla Terra da Krypton, un pianeta simile alla Terra ma con una gravità decisamente superiore ed è il fatto di essere un kryptoniano a dargli il principale dei suoi superpoteri, la capacità di saltare in maniera impressionante. Superman salta non vola e salta perché i suoi muscoli sono adeguati al corpo di un umano evolutosi in un ambiente di alta gravità. Seguiranno poi un sacco di altri poteri (superforza, supervelocità, invulnerabilità, superudito, vista a raggi X, ...) tanto da far dire a Kakalios *Superman è del tutto irrealistico, grazie al cielo!*



Se Superman riesce a fare salti verso l'alto di 180 metri vuol dire che riesce ad imprimere al suo corpo una velocità iniziale di 60 m/s ( $v^2 = 2g h$  dove  $g$  è l'accelerazione di gravità che sulla terra è circa  $10 \text{ m/s}^2$  e  $2 \cdot 10 \cdot 180 = 3600 = 60^2$ ). Questa velocità può essere data solo dalla spinta muscolare contro il terreno. Se supponiamo che la fase di spinta duri  $1/4$  di secondo, la accelerazione di Superman risulta di  $60/1/4 = 240 \text{ m/s}^2$  cioè 24 volte la accelerazione di gravità. E' come se fosse in grado di spingere con una forza pari a 24 volte il suo peso. Come è possibile visto che solitamente riusciamo a spingere con una forza che ha lo stesso ordine di grandezza del nostro peso?

La risposta viene da Krypton? Evidentemente la gravità su Krypton era 24 volte quella terrestre. Da cosa dipende la gravità? Lo sappiamo dalla legge di gravitazione universale. E' proporzionale alla massa del pianeta e inversamente proporzionale al quadrato del suo raggio. Esistono pianeti con gravità così elevate? Per rispondere dobbiamo stabilire il legame tra massa e dimensione. La massa (tramite la densità  $\delta$ ) è proporzionale al volume e cioè a  $R^3$ . Dunque la accelerazione di gravità di un pianeta è proporzionale alla densità e al raggio del pianeta.

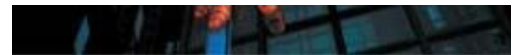
Dunque un pianeta, per avere una gravità alta, deve avere una densità molto alta o essere molto grande. Ma, ci spiega Kakalios, la densità dei materiali non può crescere a nostro piacimento. Siamo fatti di atomi e gli atomi (dall'idrogeno all'uranio) cambiano le loro dimensioni in un rapporto di 1:3 e questa cosa fa sì che la densità dei solidi e dei liquidi non possa cambiare se non in un rapporto di 1:20 (è di  $1 \text{ kg/dm}^3$  quella dell'acqua e si arriva intorno a 20 per i metalli pesanti). La densità della Terra è intorno a 5 e dunque la maggiore gravità di Krypton non può venire dalla sua densità. Ma non può venire nemmeno dalle sue dimensioni. I pianeti grandi devono accumulare molti atomi quando si formano e in giro per l'universo ci sono prevalentemente idrogeno ed elio. Per questa ragione i pianeti grandi (Sole, Saturno) sono gassosi.

Insomma, non ci siamo. A meno che Krypton non fosse fatto solo di atomi. A meno che Krypton avesse un nucleo centrale di neutroni. Se la densità di un metallo è 10 quella del materiale nucleare è  $10^{14}$ , uno sproposito. Basta qualche centinanoio di metri di stella di neutroni nel nucleo per dare a Krypton la densità giusta. Ma un nucleo superdenso rende il pianeta instabile: cataclismi, vulcanismo. Il pianeta sta per esplodere. I genitori di Superman si rendono conto che la storia sta per finire e decidono di spedire il loro pargolo al sicuro sulla Terra. Lui è cresciuto su Krypton e così ha una muscolatura speciale.

## E gli altri? Prendiamo il caso di Ant-Man

Sarebbe interessante capire come sia fatto dentro Superman perché non sempre tutto è possibile. Quanto corre veloce Flash? Quanto deve mangiare per accelerare in quel modo? Come fa l'uomo ragno ad arrampicarsi? Ha le proprietà del Geko che riesce a stare appeso sul soffitto. Il geko resta appeso anche in assenza d'aria e dunque non si tratta di un effetto ventosa? Sono possibili i processi di gigantismo e di miniaturizzazione? E' pensabile il famoso *viaggio allucinante* di Asimov all'interno del corpo umano?





La risposta è no e viene ancora una volta dall'atomismo perché per ridurre le dimensioni degli oggetti ci sono solo tre possibilità: 1) ridurre le dimensioni degli atomi 2) diminuire il numero di atomi presenti 3) avvicinare gli atomi.

- Per operare la riduzione bisognerebbe cambiare il valore della costante di Planck, quel numerino che regola tutti gli equilibri del mondo atomico e subatomico. L'universo sarebbe un altro universo e cambierebbero ben altre cose delle dimensioni di Ant-Man
- Si potrebbe diminuire il numero di atomi presenti; ma forse non si riflette che per ridurre l'altezza di un uomo di un fattore 10, il volume si dovrebbe ridurre di un fattore 1000 e dunque bisognerebbe conservare solo 1 atomo su 1000. Quali buttare via? Cosa rimane di una cellula se se ne conserva un millesimo? Cosa rimane della complessità di un organismo vivente se si conserva una cellula su mille? Siamo decisamente fuori scala.
- Si potrebbe comprimere gli atomi? Ma abbiamo già visto con il tentativo di simulare Krypton che non si può.

Ma

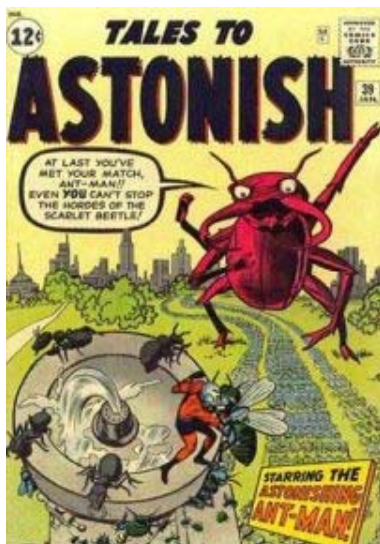
il Dottor Henry Pym ci riesce nel suo laboratorio domestico attraverso alcune particelle subatomiche. Queste particelle, opportunamente trattate, danno origine ad un siero in grado di alterare le dimensioni delle persone accrescendo la forza fisica. Pym prova il gas su se stesso e rimane intrappolato in un formicaio. Mah?

Le vicende del dr. Pym sono un'ottima occasione per ragionare di calcolo dimensionale. Ant-Man viene aspirato nel sacchetto di carta di un apirapolvere e si libera con un pugno. Un pugno microscopico può rompere la carta? Ci verrebbe da dire di no e invece sì. Vediamo perché.

I nostri movimenti volontari sono effettuati tramite le contrazioni muscolari che agiscono attraverso i tendini per produrre movimenti di leve. I muscoli possono solo tirare e non spingere e dunque se non ci fossero le leve non riusciremmo a fare quasi nulla. In una leva ci sono sempre un fulcro (centro di rotazione), due forze la causa (potenza) e l'effetto (resistenza) e i bracci (cioè le distanze tra le forze e il fulcro). Il prodotto forza per braccio è uguale nei due casi e dunque il rapporto delle due forze è pari al rapporto inverso dei due bracci. Se la potenza è lontana dal fulcro si guadagna, se è vicina si perde.

Strano a dirsi le leve del corpo umano sono quasi tutte sfavorevoli. Utilizziamo grandi forze sul muscolo per vincere piccole resistenze. Per esempio quando muoviamo l'avambraccio che è lungo circa 35 cm lo facciamo attraverso il bicipite che è imperniato circa 5 cm davanti al gomito. Così si ha una leva sfavorevole in un rapporto 7:1. Se vogliamo alzare un kg con la mano il bicipite deve tirare con una forza di 7 kg. C'è una ragione. Le fibre muscolari si contraggono in lunghezza ma possono farlo per valori piccoli rispetto alla loro estensione. La leva sfavorevole amplifica gli spostamenti in maniera inversa. Ovvero se il muscolo si contrae di 1 cm il polso si sposta di 7 cm.

Quando lanciamo qualcosa il bicipite dà un contrazione rapida di 5 cm e la mano si sposta di 35 cm; se la contrazione avviene in 1/10 di secondo l'oggetto riceve una velocità di circa 3.5 m/s che fanno circa 13 km/h. Un bravo lanciatore di baseball arriva ad imprimere velocità di 160 km/h diminuendo il tempo e aumentando la forza del bicipite. E' un regalo dei meccanismi adattivi della evoluzione: bravo lanciatore = bravo cacciatore.





Ma torniamo ai pugni di Ant-Man. Il siero ne ha ridotto le dimensioni in un rapporto 1:10 e dunque non è cambiato il rapporto dei bracci; la sua forza è  $1/7$  di quella del suo muscolo e poiché la forza è proporzionale alla sezione del muscolo (che va come il quadrato delle lunghezze) possiamo dire che sarà 1:100 di quella di un umano. Dunque non ce la farà a liberarsi? Errore. La resistenza della carta dipende dalla pressione che si esercita su di essa e la pressione del pugno di Ant Man è come quella di un umano perché diminuisce la forza nel rapporto 1:100 ma diminuisce nello stesso rapporto la superficie del pugno e dunque la pressione è la stessa. Il pugno di Ant-Man rompe la carta e Ant-Man è libero.

Il libro prosegue ponendosi domande sulla voce e sull'udito. Se le corde vocali si riducono a  $1/10$  della loro lunghezza, la frequenza con cui vibrano è 10 volte più grande e dunque Ant-Man è stridulo e in compenso, per gli stessi ragionamenti applicati al padiglione uditivo, non è più in grado di ascoltare le basse frequenze. Insomma, se volessimo interagire con le formiche non potremmo farlo con le onde sonore. Gli stessi ragionamenti si possono fare per la vista: se si restringe la pupilla si entra in zona diffrazione e tutto si fa sfuocato perché la dimensione del foro inizia a diventare comparabile con la lunghezza d'onda della luce. Per questa ragione gli insetti hanno un occhio diverso dal nostro (con sistemi a più lenti) e in ogni caso vedono meno distintamente e hanno sviluppato altri sensi come l'olfatto e il tatto.

La parte interessante del libro è quella dedicata alla meccanica e ai materiali ma i fumettisti si sono davvero sbizzarriti e dunque ci troverete: Atomo alle prese con i principi della termodinamica, Electro che conferma o viola stupidamente le leggi dell'elettromagnetismo e c'è immancabile una parte dedicata ai paradossi della meccanica quantistica che i fumetti tendono in genere ad *aggirare* utilizzando la multi realtà e gli universi paralleli (ed ecco Superman che viaggia all'indietro nel tempo, cambia la storia, va a salvare i suoi genitori e se stesso bambino e poi si chiede, ma se mi sono salvato come posso essere qui con i miei superpoteri?).

*Non dovrebbe sorprendere che i fumetti e la fisica siano un abbinamento azzeccato; in fondo, il divertimento su cui si basa la scienza non è molto diverso da quello di una buona storia a fumetti di supereroi. In entrambi le situazioni o lo scienziato o il lettore del fumetto (che in alcuni casi possono essere la stessa persona) ricevono una serie di regole da applicare in situazioni nuove o impegnative... Se lo studio del mondo naturale ci ha insegnato qualcosa è che, diversamente da Hulk, più siamo intelligenti, più diventiamo forti. Ora che avete finito questo libro, forse anche voi vi sentirete più forti, se non nei muscoli almeno nella mente. E' la nostra intelligenza a darci quel vantaggio competitivo che ci ha permesso di diventare la specie dominante sul pianeta. Non siamo veloci come il puma, non sappiamo volare come gli uccelli, nè siamo forti come l'orso o indistruttibili come lo scarafaggio. In altre parole il nostro superpotere è l'intelligenza. Come disse Niels Bohr, pioniere della meccanica quantistica, "la conoscenza in se stessa è la base della civiltà".*

---

**James Kakalios**

*La fisica dei supereroi*

Einaudi, Torino, 2007 -

pagg. 395 - euro 15,50

---