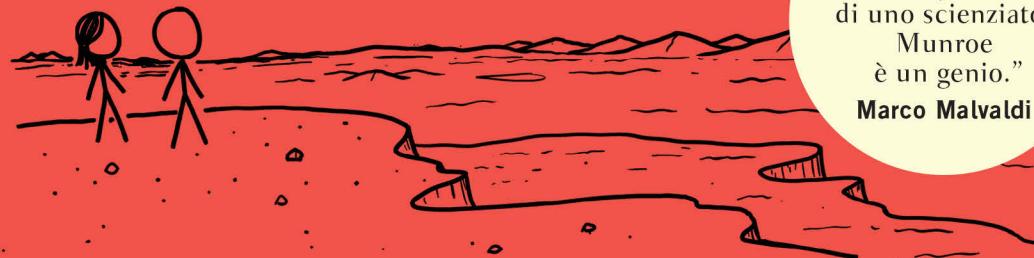


RANDALL MUNROE



# COSA ACCADREBBE SE? [2]



“La curiosità  
di un bambino,  
la competenza  
di uno scienziato.  
Munroe  
è un genio.”  
Marco Malvaldi

NUOVE RISPOSTE SCIENTIFICHE  
*a domande ipotetiche assurde*

BOMPIANI  
OVERLOOK



**Cosa  
accadrebbe se?**

**2**

NUOVE RISPOSTE SCIENTIFICHE  
A DOMANDE IPOTETICHE ASSURDE

# Cosa accadrebbe se?



# RANDALL MUNROE

Traduzione di Daniele A. Gewurz



Illustrazioni di copertina: Randall Munroe  
Adattamento italiano e progetto grafico: Polystudio

[www.giunti.it](http://www.giunti.it)  
[www.bompiani.it](http://www.bompiani.it)

MUNROE, RANDALL, *How to? 2 Additional Serious Scientific Answers  
to Absurd Hypothetical Questions*  
Copyright © 2022 by xkcd inc.

© 2023 Giunti Editore S.p.A. / Bompiani  
Via Bolognese 165, 50139 Firenze – Italia  
Via G.B. Pirelli 30, 20124 Milano – Italia

Alcune delle domande e delle risposte sono già apparse sul blog dell'autore, [what-if.xkcd.com](http://what-if.xkcd.com),  
talvolta in forma diversa.

Book design by Christina Gleason

ISBN 979-12-217-0297-2

Prima edizione digitale: settembre 2023

# Domande

<b>INTRODUZIONE</b>	ix
1. Zuppiera solare	1
2. Un giro in elicottero	6
3. Pericolosamente freddo	11
4. Vaporizzazione del ferro	16
5. Gitarella cosmica	22
6. Poltroncina a piccioni	26
<b>R RISPOSTE BREVI #1</b>	30
7. Le calorie del T. rex	37
8. Il geyser	40
9. Zap, zap, zap	43
10. Leggere tutti i libri	47
<b>S STRANE &amp; PREOCCUPANTI #1</b>	51
11. Chiese e banane	52
12. Al volo!	55
13. Perdere peso in un modo lento e assurdamente difficile	59
14. Dipingere la Terra	66
15. Giove arriva in città	70
16. Sabbia stellare	74
17. Altalene	78
18. Catapulte per aerei di linea	83
<b>R RISPOSTE BREVI #2</b>	88
19. Apocalisse dinosauresca lenta	98
20. Mondi di elementi	103

21. Un giorno lungo un secondo .....	108
22. Un edificio di un miliardo di piani .....	111
23. La causa da 2 undiciloni di dollari .....	120
24. Di chi sono le stelle .....	124
25. La gomma degli pneumatici .....	128
26. Dinosauri di plastica .....	131
<b>R RISPOSTE BREVI #3 .....</b>	<b>135</b>
27. Acquario a risucchio .....	143
28. La Terra-occhio .....	149
29. Costruire Roma in un giorno .....	154
30. Il tubo della Fossa delle Marianne .....	159
31. Scatole da scarpe costose .....	164
32. Bussola a risonanza magnetica .....	168
33. Antenati esponenziali .....	172
34. Auto e uccello .....	176
35. Corse automobilistiche senza regole .....	180
<b>S STRANE &amp; PREOCCUPANTI #2 .....</b>	<b>185</b>
36. Smartphone a valvole .....	186
37. Ombrello laser .....	192
38. Mangiare una nuvola .....	195
39. Tramonti alti .....	199
40. Lampada lava .....	202
41. Il frigorifero di Sisifo .....	206
42. Alcool nel sangue .....	210
43. Terra da basket .....	214
44. Ragni contro Sole .....	217

45. Inalare una persona .....	220
46. Caramelle lampeggianti .....	223
<b>R RISPOSTE BREVI #4 .....</b>	226
47. Caldo come un toast .....	234
48. Terra di protoni, Luna di elettroni .....	236
49. Globo oculare .....	241
50. Il Giappone va a fare un giro .....	244
51. Fuoco lunare .....	249
52. Leggi le leggi .....	255
<b>S STRANE &amp; PREOCCUPANTI #3 .....</b>	262
53. Una piscina di saliva .....	263
54. Una palla di neve .....	268
55. La cannuccia del Niagara .....	272
56. Camminare indietro nel tempo .....	277
57. Il tubo di ammoniaca .....	284
58. Un palo dalla Luna alla Terra .....	287
<b>R RISPOSTE BREVI #5 .....</b>	298
59. Neve globale .....	305
60. Troppi cani .....	308
61. Dentro il Sole .....	314
62. Creme solari .....	318
63. Camminare sul Sole .....	323
64. Pioggia di caramelle .....	329
<b>RINGRAZIAMENTI .....</b>	335
<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI .....</b>	337
<b>INDICE ANALITICO .....</b>	349

# **Disclaimer**

**Non provate a rifare davvero niente  
di tutto questo.**

L'autore di questo libro è un tizio  
che pubblica vignette su Internet,  
non un esperto di salute o di sicurezza.  
Gli piace quando le cose prendono fuoco  
o esplodono: il vostro benessere  
non è in cima ai suoi interessi. L'editore  
e l'autore declinano ogni responsabilità  
per eventuali danni derivanti, direttamente  
o indirettamente, dalle informazioni  
 contenute in questo libro.

# Introduzione

**Mi piacciono le domande assurde** perché nessuno è tenuto a sapere la risposta, e così non c'è problema se uno è un po' perplesso.

All'università ho studiato fisica: quindi ci sono tantissime cose che ho l'impressione di dover sapere, come la massa di un elettrone o il motivo per cui i capelli si rizzano quando li si sfrega contro un palloncino. Se mi chiedete quanto pesa un elettrone mi viene l'ansia, come se fosse un compito in classe senza preavviso, dove prendo un brutto voto se non so la risposta senza cercarla.

Ma se mi chiedete quanto pesano tutti gli elettroni di un delfino, la situazione è ben diversa. Non c'è nessuno che sa la risposta al volo – a meno che non faccia un lavoro estremamente interessante – e quindi non c'è problema a sentirsi perplessi e un po' sciocchi, né a prendersi un po' di tempo per fare qualche ricerca. (La risposta, nel caso ve lo chiedessero, è poco più di due etti.)

A volte le domande semplici si rivelano inaspettatamente difficili. Allora: perché mai i capelli si rizzano quando li strofiniamo contro un palloncino? La solita risposta da lezione di scienze è che gli elettroni vengono trasferiti dai capelli al palloncino, e così i capelli rimangono carichi positivamente. I capelli carichi si respingono l'un l'altro e si drizzano.

Però... perché gli elettroni passano dai capelli al palloncino? Perché non vanno nell'altro verso?

Questa è un'ottima domanda, e la risposta è che non lo sa nessuno. I fisici non hanno una buona teoria generale sul motivo per cui, al contatto, alcuni materiali perdono elettroni dalla superficie mentre altri li raccolgono. Questo fenomeno, chiamato effetto triboelettrico, è un'area di ricerca all'avanguardia.

È sempre la stessa scienza a dare risposta sia alle domande serie sia a quelle sciocche. L'effetto triboelettrico è importante per capire come si formano i fulmini durante le tempeste. E contare il numero di particelle subatomiche in un organismo serve per dare un modello dei rischi di radiazioni. Cercare di rispondere a domande sciocche può portarci a questioni scientifiche serie.

E anche se le risposte non hanno nessuna utilità, conoscerle è divertente. Il libro che avete in mano pesa quasi come gli elettroni di due delfini. Questa informazione probabilmente non serve a niente, ma spero comunque che vi faccia piacere saperlo.





**Cosa  
accadrebbe se?**

**2**



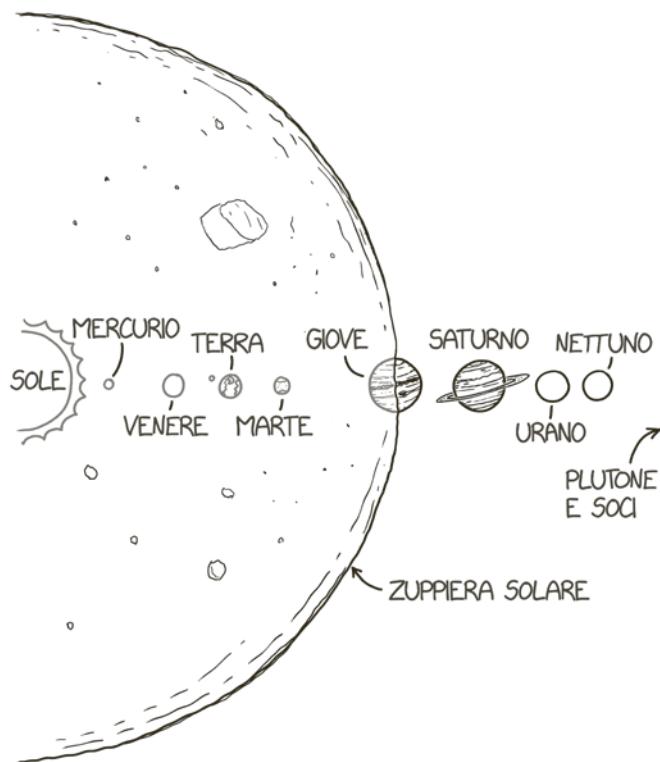
## 1. ZUPPIERA SOLARE

D

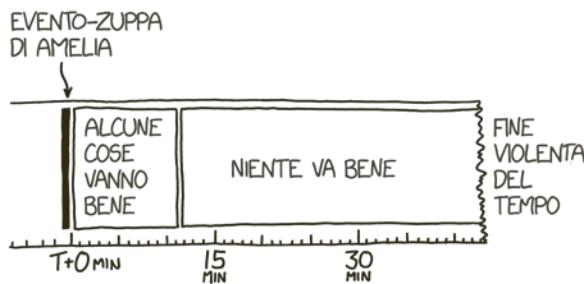
Cosa accadrebbe se il sistema solare  
fosse pieno di zuppa fino a Giove?

**Amelia, 5 anni**

**Intanto assicurati che tutti siano** al sicuro fuori dal sistema solare prima di riempirlo di zuppa.



Se il sistema solare fosse pieno di zuppa fino a Giove, le cose non andrebbero troppo male per alcune persone per qualche minuto. Poi, per la successiva mezz'ora le cose non andrebbero bene per nessuno. Dopo di che, finirebbe il tempo.



Riempire il sistema solare richiederebbe circa  $2 \times 10^{39}$  litri di zuppa. Se la zuppa è di pomodoro, corrisponde a circa  $10^{42}$  calorie, più energia di quella che il Sole ha emesso nel corso della sua intera esistenza.

La zuppa sarebbe così pesante che nulla potrebbe sfuggire alla sua enorme attrazione gravitazionale; sarebbe un buco nero. L'orizzonte degli eventi del buco nero, la regione all'interno della quale l'attrazione è troppo intensa perché la luce possa fuoriuscire, si estenderebbe fino all'orbita di Urano. Plutone, all'inizio, sarebbe fuori dall'orizzonte degli eventi, ma ciò non significa che possa sfuggire. Avrebbe solo la possibilità di trasmettere un messaggio radio prima di essere ingoiato.



Come sarebbe la zuppa dall'interno?

Non sarebbe il caso di stare sulla superficie della Terra. Anche se assumiamo che la zuppa ruoti in sincronia con i pianeti del sistema solare, con piccoli vortici attorno a

ogni pianeta in modo che la zuppa sia stazionaria dove ne tocca la superficie, la pressione dovuta alla gravità terrestre schiaccerebbe in pochi secondi chiunque si trovasse sul pianeta. La gravità terrestre non sarà intensa quanto quella di un buco nero, ma è più che sufficiente per attrarre un oceano di zuppa con abbastanza forza da appiattirci. Dopotutto, lo fa già la pressione dei nostri normali oceani d'acqua sotto l'effetto della gravità terrestre, e la zuppa di Amelia è molto più profonda dell'oceano.



Se fluttuassimo tra i pianeti, lontano dalla gravità terrestre, per qualche tempo non avremmo problemi, il che suona un po' strano. Anche se la zuppa non ci uccidesse, saremmo comunque all'interno di un buco nero. Non dovremmo morire all'istante di... qualcosa?

Stranamente no! Normalmente, quando qualcosa si avvicina a un buco nero, le forze di marea lo fanno a pezzi. Ma le forze di marea sono più deboli per i buchi neri più grandi, e il buco nero della zuppa di Giove avrebbe circa 1/500 della massa della Via Lattea. È un mostro anche per gli standard astronomici: sarebbe di dimensioni paragonabili ai più grandi buchi neri conosciuti. Il buco nero zuppermassiccio di Amelia sarebbe abbastanza grande da far sì che le diverse parti del nostro corpo vengano sottoposte circa alla stessa attrazione, e quindi non subiremmo alcuna forza di marea.



Pur non essendo in grado di *sentire* l'attrazione gravitazionale della zuppa, ci accelererebbe comunque e inizieremmo immediatamente a sprofondare verso il centro.

Dopo un secondo, saremmo caduti di 20 chilometri e ci muoveremmo a 40 chilometri al secondo, più veloci della maggior parte dei veicoli spaziali. Ma dal momento che la zuppa cadrebbe insieme a noi, non avremmo l'impressione di niente che non vada.



Mentre la zuppa collassa verso il centro del sistema solare, le sue molecole verrebbero compresse sempre più, aumentando la pressione. Ci vorrebbe qualche minuto prima che questa pressione raggiunga i livelli necessari per schiacciarci. Se ci trovassimo in una specie di batiscafo per zuppe, come i veicoli resistenti alla pressione usati per visitare le fosse oceaniche in profondità, potremmo forse resistere anche 10 o 15 minuti.

Non sarebbe possibile fare nulla per sfuggire alla zuppa. Tutto ciò che c'è al suo interno fluirebbe in dentro, dov'è la singolarità. Nell'universo normale siamo tutti trascinati avanti nel tempo senza modo di fermarci o tornare indietro. All'interno dell'orizzonte degli eventi di un buco nero, in un certo senso il tempo smette di scorrere *in avanti* e inizia a scorrere *in dentro*. Tutte le linee temporali convergono verso il centro.

Dal punto di vista di uno sfortunato osservatore all'interno del nostro buco nero, ci vorrebbe circa mezz'ora prima che la zuppa e tutto ciò che contiene finiscano al centro. Dopo di che, la nostra definizione di tempo e ciò che sappiamo della fisica in generale verrebbero meno.

Fuori dalla zuppa continuerebbero a scorrere il tempo e a esserci problemi. Il buco nero della zuppa comincerebbe a risucchiare il resto del sistema solare, Plutone per primo, quasi immediatamente, e poco dopo la fascia di Kuiper. Nel corso delle successive migliaia di anni, il buco nero aprirebbe un ampio squarcio nella Via Lattea, inghiottendo stelle e disperdendone altre in tutte le direzioni.



Ci rimane quindi un'altra domanda: di che tipo di zuppa o minestra si tratta?

Se Amelia riempie il sistema solare di brodo e i pianeti ci galleggiano dentro, è zuppa di pianeti? Se nella minestra c'era già della pastina, diventa una minestra "pianeti e pastina" o i pianeti fanno più da crostini? Se prepariamo una minestra con la pastina e poi qualcuno ci butta dentro un po' di sassi e terra, è davvero una minestra di pastina e sporcizia, o è solo una pastina in brodo che si è sporcata? La presenza del Sole ne fa una zuppa di stelle?

Internet ama discutere sulla categorizzazione di zuppe e minestre. Per fortuna, in questo caso particolare a risolvere il dibattito ci pensa la fisica. Si ritiene che i buchi neri non conservino le caratteristiche della materia che ci finisce dentro. I fisici lo chiamano *teorema "no hair"*, cioè "senza capelli", perché afferma che i buchi neri non hanno tratti distintivi o caratteristiche che li definiscano. A parte una manciata di variabili semplici come la massa, il momento angolare e la carica elettrica, tutti i buchi neri sono identici.

In altre parole, non importa che tipo di ingredienti mettiamo in una zuppa di buchi neri. La ricetta alla fine risulta sempre uguale.

CAMERIERE, C'È UN CAPELLO NELLA MINESTRA.



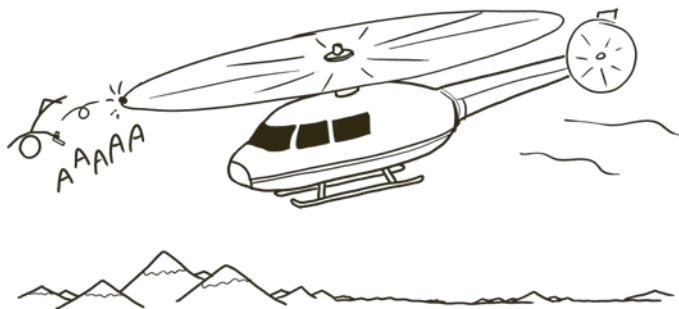
## 2. UN GIRO IN ELICOTTERO

D

Cosa accadrebbe se uno si appendesse  
a una pala di un elicottero e qualcuno  
accendesse il motore?

**Corban Blanset**

Forse immagini un'avvincente scena d'azione di un film tipo questa:



Se è così, rimarrai deluso, perché quello che accadrebbe in realtà sarebbe più simile a questo:



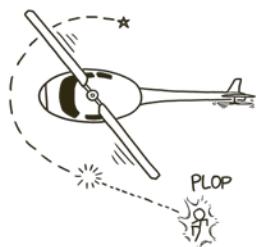
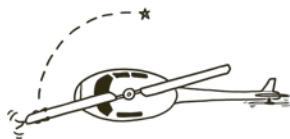
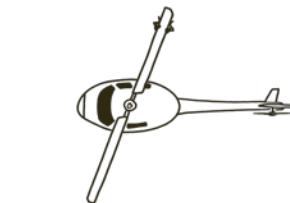
I rotori degli elicotteri impiegano un po' di tempo per prendere velocità. Una volta che il rotore inizia a muoversi, ci può mettere 10 o 15 secondi per fare il primo giro

completo: quindi avremmo un lungo momento imbarazzante faccia a faccia con il pilota, prima che la rotazione ci porti fuori vista.



Per fortuna, probabilmente non dovremmo passare una seconda volta davanti al pilota, perché cadremmo incresciosamente presto.

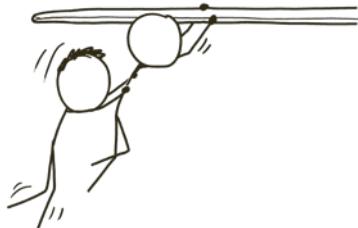
Tenersi appesi alla superficie liscia della pala sarebbe già difficile quando è ferma, ma ammesso anche di aver trovato un comodo appiglio, probabilmente perderemmo la presa prima della fine del primo giro.



Le pale dell'elicottero sono piuttosto grandi, il che fa sembrare che si muovano più lentamente di quanto facciano in realtà. Non siamo abituati a oggetti di grandi dimensioni che si muovono così velocemente. Quando un elicottero è fermo sull'elisuperficie con il rotore che gira lentamente, può sembrare qualcosa di delicato, come una giostrina appesa sopra una culla. Ma se provassimo ad aggrapparci all'estremità del rotore, ci ritroveremmo sbalzati verso l'esterno con una spinta sorprendente.

Passano da 5 a 10 secondi fra il momento in cui il rotore inizia a muoversi e quello in cui compie il primo mezzo giro. Se eravamo aggrappati, a quel punto saremmo già inclinati significativamente verso l'esterno e sentiremmo 5 o 10 chilogrammi di peso in più per via della forza centrifuga. Per fortuna la maggior parte dei rotorì degli elicotteri sono tanto vicini al suolo che probabilmente sopravvivremmo alla caduta con soltanto qualche ferita lieve e la dignità contusa.

Se riusciamo a resistere, le cose peggiorano molto velocemente. Quando la pala fa un giro completo,<sup>1</sup> la forza centrifuga ci attirerà ben più forte della gravità, inclinandoci ancor di più verso l'esterno. La forza aggiuntiva sarebbe l'equivalente del peso di un'altra persona che ci sta aggrappata.



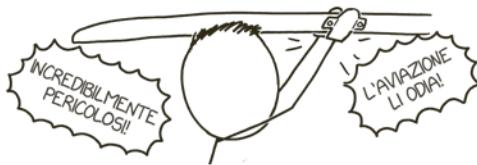
Persino se avessimo un'ottima presa faremmo fatica a resistere. Per portare a termine un intero giro del rotore servirebbe qualche sistema per tenere le mani fissate alla pala.

<sup>1</sup> Mi raccomando: scegliete un elicottero che abbia uno spazio sufficiente tra il rotore di coda e quello principale, oppure dovrete diventare bravissimi a fare le trazioni al momento giusto.

NON VUOI PIÙ CHE TI SUCCEDA  
OGNI VOLTA CHE TI APPENDI  
A UN ROTORE DI ELICOTTERO?



PROVA I NOSTRI NUOVI  
ANCORAGGI MANUALI ACME



ANCORAGGI MANUALI ACME: A CHI  
VERREBBE MAI IN MENTE DI COMPRARLI?™

Se il rotore continua ad accelerare al ritmo normale, e si riuscisse in qualche modo a restare attaccati, dopo un'altra rotazione completa ci si ritroverebbe quasi orizzontali, con le mani che cercano di sostenere molte volte il peso corporeo. Dopo 20 secondi il rotore compie un giro al secondo, esercitando diverse tonnellate di forza sulle mani. Dopo 30 secondi si perderebbe la presa, in un modo o nell'altro. Se le mani rimangono attaccate al rotore, non rimangono attaccate al corpo.



Questa esperienza non sarebbe piacevole nemmeno per l'elicottero. Il rotore non sarebbe in grado di continuare ad accelerare come farebbe durante un normale

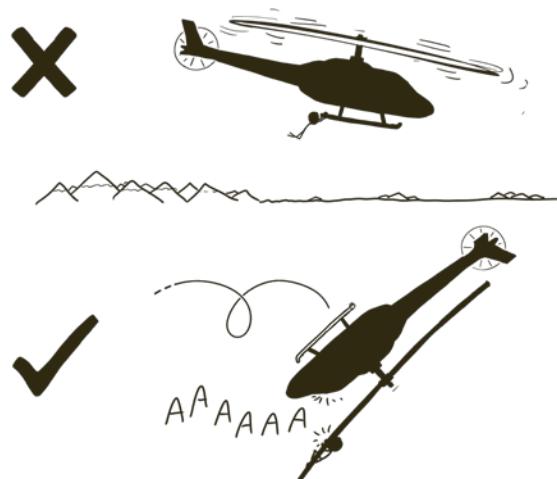
avviamento. Dopotutto, se sulle mani agisce una forza così estrema, agisce anche sull'elicottero. Una pala di elicottero è progettata per sopportare molte tonnellate di tensione, ma a patto che quest'ultima sia accuratamente bilanciata tra le pale. Se una pala esercita più forza dell'altra, scuote l'elicottero in avanti e indietro, come una lavatrice sbilanciata.

Già l'aggiunta di meno di un etto di peso alla base di una pala può causare (o annullare) vibrazioni spiacevolmente forti. L'aggiunta del peso di un essere umano a un'estremità farebbe ribaltare l'elicottero e lo distruggerebbe ben prima che prenda velocità.



A pensarci bene, forse *sarebbe* una buona scena d'azione per un film. Avete presente la situazione in cui l'elicottero del cattivo sta scappando e l'eroe corre, salta e rimane appeso ai pattini di atterraggio?

Se l'eroe vuole davvero impedire al cattivo di scappare...



... basta che si aggrappi un po' più in alto.

### 3. PERICOLOSAMENTE FREDDO

D

Sarebbe pericoloso stare accanto a un oggetto grande a una temperatura di 0 kelvin?

**Christopher**

**Quindi hai deciso di installare** un cubo di ferro ultrafreddo in soggiorno.



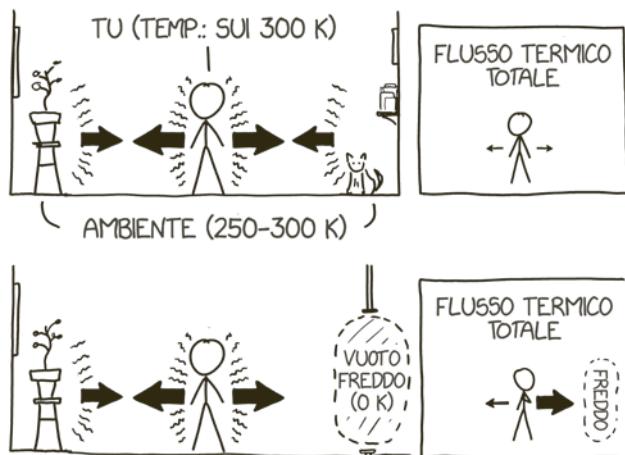
Prima di tutto, assolutamente non toccarlo. Finché resisti al desiderio di toccarlo, non dovresti subire alcun danno immediato.



Le cose fredde e le cose calde sono diverse.<sup>[senza fonte]</sup> Stare vicino a un oggetto caldo può uccidere molto velocemente – per ulteriori informazioni, potete andare a praticamente qualsiasi altra pagina a caso di questo libro – ma stare vicino a un oggetto freddo non vi congelerà all'istante. Gli oggetti caldi emettono radiazioni termiche che riscaldano le cose intorno, mentre gli oggetti freddi non emettono radiazioni fredde. Se ne rimangono lì.

Anche se non emette radiazioni fredde, la *mancanza* di radiazioni termiche può far sentire freddo. Il corpo, come tutti gli oggetti caldi, irradia costantemente calore. Fortunatamente per noi, anche tutto ciò che ci circonda, come i mobili, le pareti e gli alberi, irradia calore e questa radiazione in entrata bilancia in parte il calore che perdiamo. Di solito misuriamo la temperatura ambiente in gradi Fahrenheit o centigradi, ma se impostassimo i nostri termostati in kelvin sarebbe più chiaro che la maggior parte degli oggetti in una stanza ha più o meno lo stesso livello di calore assoluto – dato che è tutto fra i 250 e i 300 kelvin – e quindi tutto irradia calore.

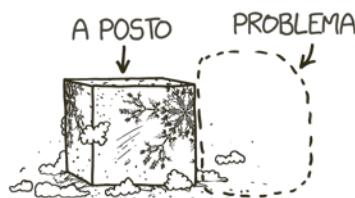
Quando ci troviamo vicino a qualcosa di molto più freddo della temperatura ambiente, il calore che perdiamo in quella direzione non è bilanciato dal calore in entrata e quindi quel lato del corpo si raffredda molto più velocemente. Dal nostro punto di vista, sembra che l'oggetto irradi freddo.



Questa “radiazione fredda” si può sentire guardando le stelle in una notte d'estate. Il viso sentirà freddo perché il calore del corpo si sta riversando nello spazio. Se solleviamo un ombrello per bloccare la visuale del cielo, sentiremo più caldo, quasi come se l'ombrelllo stesse “bloccando il freddo” dal cielo. Questo effetto “cielo freddo” può raffreddare le cose al di sotto della temperatura ambiente dell'aria. Se lasciamo un vassio d'acqua all'aperto sotto un cielo sereno, può trasformarsi in ghiaccio durante la notte anche se la temperatura dell'aria rimane ben al di sopra dello zero.



Sentirai freddo stando accanto al cubo, ma non *tanto* freddo, niente che un buon cappotto non possa risolvere. Ma prima di correre a comprare un cubo criogenico, dobbiamo parlare dell'aria.



Gli oggetti freddi possono condensare l'aria stessa e far sì che l'ossigeno liquido si raccolga sulla loro superficie come rugiada. Se sono abbastanza freddi, possono persino congelarlo. I tecnici che lavorano con apparecchiature industriali freddissime devono fare attenzione a questo accumulo di ossigeno, poiché l'ossigeno liquido è una sostanza parecchio pericolosa. È altamente reattivo e tende a provocare l'accensione spontanea di oggetti infiammabili. Un oggetto molto freddo potrebbe incendiarcia la casa.



Uno dei maggiori rischi dei materiali ultrafreddi è che spesso non vogliono *rimanere* ultrafreddi. Quando l'azoto liquido o il ghiaccio secco si riscaldano e si trasformano in gas, si espandono *molto*, a volte spingendo tutta l'aria normale fuori dall'ambiente. Un secchio di azoto liquido può trasformarsi in azoto gassoso sufficiente a riempire una stanza, il che è una cattiva notizia se uno respira ossigeno.



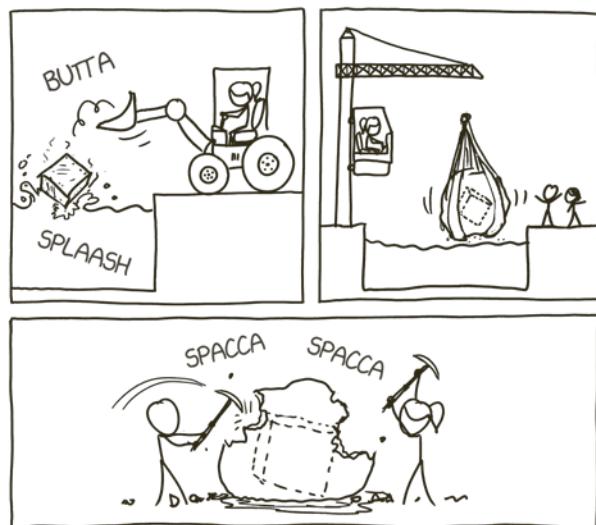
Fortunatamente il ferro è solido a temperatura ambiente e quindi non devi temere gli effetti dell'evaporazione del tuo cubo. Finché eviterai di toccarlo, farai in modo che l'ossigeno sulla superficie non entri in contatto con oggetti infiammabili e indosserai un cappotto pesante, probabilmente starai bene.

## E SE HAI DECISO CHE NON VUOI PIÙ UN CUBO GELIDO?

**Il cubo impiegherà un tempo** assurdamente lungo per riscaldarsi. Rimarrà lì a temperature criogeniche per giorni, assorbendo il calore dalla stanza pur rimanendo freddo a sufficienza per congelare l'aria. Anche se apri le finestre e fai andare la caldaia al massimo per mantenere l'aria circostante più calda possibile, ci vorrà almeno una settimana prima che il cubo si avvicini alla temperatura ambiente.

Potresti provare ad accelerare il processo circondando il cubo con una dozzina di stufe elettriche – facendoti aiutare da un elettricista, perché altrimenti farai saltare tutti i fusibili di casa – ma ci vorrebbero comunque giorni per riscalarlo.

Se vuoi scongelare il cubo più velocemente, puoi provare a versarci sopra dell'acqua. L'acqua si trasformerebbe istantaneamente in ghiaccio, che potresti spaccare e buttare via e che lascerebbe parte del calore dell'acqua nel ferro. Potrebbero essere necessarie alcune vasche da bagno piene d'acqua, ma con questa tecnica si porterebbe il cubo a una temperatura ragionevole più rapidamente.



Una volta che il ferro avrà raggiunto la temperatura ambiente, diventerà l'ennesimo oggetto in giro per casa. Si spera che ti piaccia dov'è; in caso contrario, considerando quanto sarebbe difficile spostare un cubo liscio da otto tonnellate, forse faresti prima a cambiare casa.



Se non vuoi trasferirti e stai cercando un altro modo per sbarazzarti di un cubo di ferro, puoi sempre provare ad aggiungere *più* calore.

Per scoprire cosa accadrebbe facendo così, vai al prossimo capitolo.

## 4. VAPORIZZAZIONE DEL FERRO

D

Cosa accadrebbe se in qualche modo facessimo evaporare un blocco massiccio di ferro sulla Terra?

**Cooper C.**

**Quindi hai deciso di far** evaporare un cubo di ferro di un metro di spigolo nel giardinetto di casa.



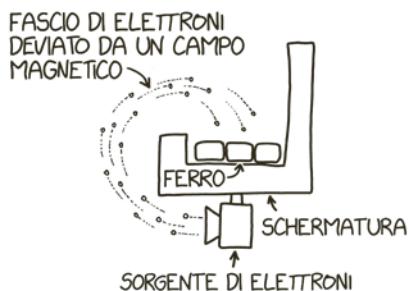
Il ferro può bollire ed evaporare come qualsiasi altra cosa, ma dal momento che il suo punto di ebollizione è molto alto, circa 3000 °C, non succede spesso, nella vita di tutti i giorni.

Per far bollire l'acqua, la mettiamo in una pentola e facciamo scaldare la pentola fino a quando l'acqua non raggiunge i 100 °C. Far bollire il ferro è più complicato, perché... di che cosa dovrebbe essere fatta la pentola? La maggior parte dei metalli ha un punto di fusione inferiore al punto di ebollizione del ferro, e quindi non si possono usare per trattenere il ferro bollente: si liquefarebbero prima che il ferro inizi a sobbollire.



Ci sono alcune sostanze che rimangono solide leggermente al di sopra del punto di ebollizione del ferro, come il tungsteno, il tantalio o il carbonio, ma usarle per trattenerne il ferro bollente è complicato. Far bollire il ferro mantenendo il contenitore al di sotto della sua temperatura di fusione è difficile in pratica e ci sono anche problemi chimici. Il ferro è problematico dal punto di vista della chimica: una volta fuso, tende a reagire con il suo contenitore e a formare leghe.

Nella vita reale, quando le persone vogliono vaporizzare il ferro,<sup>1</sup> in genere non lo mettono semplicemente sopra una fonte di calore. Usano il riscaldamento a induzione per riscaldare il ferro con campi elettromagnetici o fasci di elettroni, in modo da vaporizzarlo un po' alla volta. Una cosa bella dei fasci di elettroni è che si può usare un campo magnetico per deviarli, e quindi le cose più emozionanti e pericolose accadono dall'altro lato del ferro rispetto alla nostra delicata attrezzatura.



Dobbiamo stare attenti a trovarci dal lato “schermatura” dell'apparato, poiché dalla parte in cui il ferro evapora ci saranno molte particelle ad alta energia che ne volano via. In realtà “trovarsi dal lato opposto rispetto a quello in cui si verificano i fenomeni fisici” è una buona regola generale per le apparecchiature scientifiche.



<sup>1</sup> Di solito per usare il vapore per la placcatura dei metalli, ma a volte magari solo per il gusto di farlo.

Dopo aver costruito l'apparato per vaporizzare il ferro, ti consiglio di fare un passo indietro, perché vaporizzare un cubo di ferro di un metro di spigolo richiederà circa 60 gigajoule di energia. Se lo vaporizzi nel corso di tre ore, l'apparecchio avrà all'incirca la stessa potenza termica totale di una casa in preda a un incendio impetuoso.<sup>2</sup>

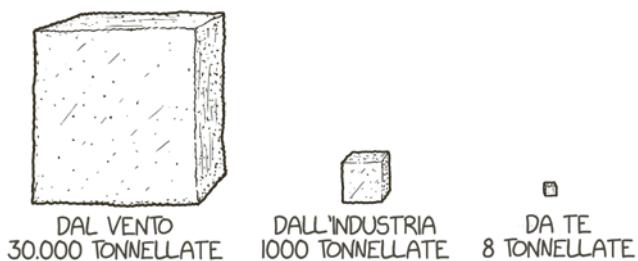
Ma la tua domanda non era *se* si possa fare. Erano quali sarebbero le conseguenze e la risposta è piuttosto semplice: la casa e il giardinetto prenderebbero fuoco. Poi arriverebbero i vigili del fuoco e molta gente sarebbe arrabbiata con te.



Le conseguenze per l'atmosfera sono più interessanti. Rilasceresti un pennacchio di 8 tonnellate di ferro nell'atmosfera: che cosa farebbe all'ambiente circostante?

Non avrebbe un impatto enorme sull'atmosfera nel suo insieme. C'è già molto ferro nell'aria, per la maggior parte sotto forma di polvere portata dal vento. Anche le attività umane, principalmente la combustione di combustibili fossili, immettono parecchio ferro nell'aria. Sulla base delle stime di uno studio del 2009 di Natalie Mahowald *et al.*, nelle tre ore necessarie per vaporizzare il cubo di ferro da 8 tonnellate, i venti del deserto porteranno nell'aria 30.000 tonnellate di ferro e le strutture industriali ne aggiungeranno altre 1000 tonnellate.

#### FERRO AGGIUNTO ALL'ATMOSFERA NEL CORSO DEL TUO PROGETTO



<sup>2</sup> Se metti in pratica questo progetto vicino a casa tua, potresti constatare che il risultato corrisponde a due case in fiamme.

Otto tonnellate di ferro non influenzereanno la Terra nel suo insieme, ma i vicini? Che cosa noterebbero quelli che vivono sottovento rispetto a te, a parte i camion dei pompieri? Si sveglierebbero e troverebbero tutto placcato in metallo?

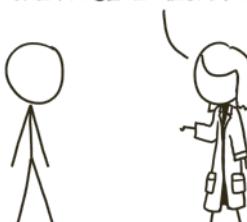


Per rispondere a queste domande, ho contattato la dottoressa Mahowald, l'autrice principale dello studio del 2009, esperta di trasporto atmosferico di metalli.

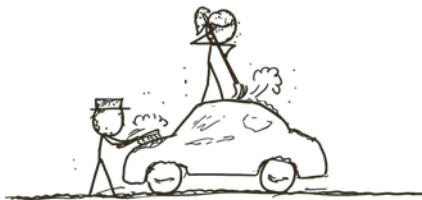
La dottoressa Mahowald mi ha spiegato che quando si rilascia un pennacchio di vapore di ferro, il ferro reagisce rapidamente con l'ossigeno nell'aria formando particelle di ossido di ferro. "Queste particelle non sono particolarmente pericolose per la qualità dell'aria," spiega, ma se ce ne sono abbastanza, possono sicuramente essere dannose per i polmoni. Non è necessariamente dovuto a proprietà specifiche dell'ossido di ferro: è solo che i nostri polmoni sono progettati per respirare aria.

I POLMONI SONO FATTI PER RESPIRARE ARIA.

NON C'È MOLTA ALTRA ROBA  
CHE FA BENE RESPIRARE.



Prima o poi le particelle di ossido di ferro si depositerebbero da qualche parte, sottovento rispetto a casa tua, ma non provocherebbero per forza problemi seri. "Probabilmente non ucciderebbero nulla," dice la dottoressa Mahowald. "A terra c'è già un bel po' di ferro." Ma se se ne accumulasse abbastanza, aggiunge, potrebbe coprire la vegetazione, come gli strati di cenere sottovento rispetto a un'eruzione vulcanica. E magari i vicini potrebbero seccarsi di dover pulire l'automobile.



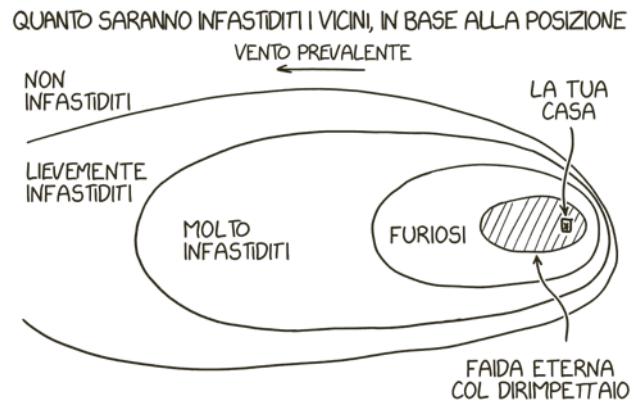
La dottoressa Mahowald aggiunge che il ferro vaporizzato contribuirebbe al cambiamento climatico assorbendo piccole quantità di luce solare e irradiandola sotto forma di calore. Ma il ferro nell'atmosfera potrebbe anche contribuire a rallentare il cambiamento climatico, fertilizzando l'oceano e incoraggiando la crescita di alghe che estraggono CO<sub>2</sub> dall'atmosfera. Com'è noto, nel 1988 l'oceanografo John Martin dichiarò, con la sua migliore voce da supercriminale: "Datemi mezza nave-cisterna di ferro e vi darò un'era glaciale."



Il dottor Martin non è mai diventato un supercriminale<sup>[senza fonte]</sup> e non ha mai tentato di mettere in atto questo piano, ma non è detto che avrebbe funzionato. Ulteriori ricerche hanno mostrato che riversare ferro nell'oceano probabilmente non è un modo efficiente per estrarre carbonio dall'aria, il che è un po' deludente sia per i supercriminali che vogliono provocare un'era glaciale sia per i supereroi che vogliono fermare il riscaldamento globale.



Ma se effettivamente ce li hai, un blocco di ferro e i mezzi per vaporizzarlo, e davvero odi la tua casa, il tuo giardinetto e quelli dei tuoi vicini che vivono sottovento, allora ho delle splendide notizie per te.



## 5. GITARELLA COSMICA

D

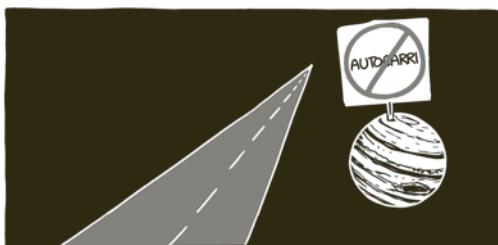
Se l'universo smettesse di espandersi in questo momento, quanto ci metterebbe un essere umano ad arrivare in macchina fino al confine dell'universo?

Sam H-H

**Il confine dell'universo osservabile** è a circa 435.000.000.000.000.000 di chilometri di distanza.

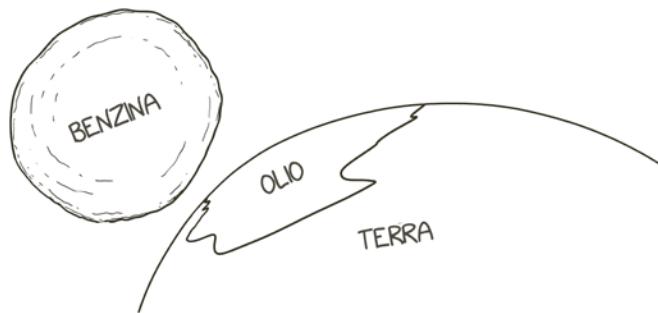
Se guidi a una velocità costante di 100 chilometri orari, ci vorranno quasi  $500.000.000.000.000.000$  anni – cioè  $5 \times 10^{17}$  – per arrivarci, ossia quasi 36 milioni di volte l'età attuale dell'universo.

Sarà un viaggio pericoloso. E non mi riferisco alla roba che troveresti nello spazio – non ce ne preoccupiamo – ma perché guidare di per sé è piuttosto pericoloso. Negli Stati Uniti l'automobilista medio di mezza età subisce circa un incidente mortale ogni 160 milioni di chilometri percorsi. Se qualcuno costruisse un'autostrada che va verso l'esterno del sistema solare, la maggior parte dei conducenti non supererebbe la fascia degli asteroidi. I conducenti di camion, che sono abituati a guidare su lunghe distanze in autostrada, hanno un tasso di incidenti per chilometro inferiore rispetto ai normali automobilisti, ma sarebbe comunque improbabile che raggiungano Giove.



Sulla base dei tassi di incidenti negli Stati Uniti, la probabilità che un conducente viaggi per 46 miliardi di anni luce senza un incidente sarebbe di circa 1 su  $10^{15}$ . È più o meno la stessa probabilità che una scimmia batta con una macchina da scrivere l'intera Biblioteca del Congresso, senza errori, *cinquanta volte di seguito*. Sarà utile un'automobile a guida autonoma, o per lo meno che abbia uno di quegli allarmi che ti avvertono se esci dalla corsia.

Il viaggio richiederebbe un mucchio di carburante. A 7 litri per 100 chilometri, ci vorrebbe una sfera di benzina delle dimensioni della Luna per raggiungere il confine dell'universo.<sup>1</sup> Faresti circa 30 miliardi di miliardi di cambi d'olio, il che richiederebbe un contenitore di olio con il volume dell'oceano Artico.<sup>2</sup>



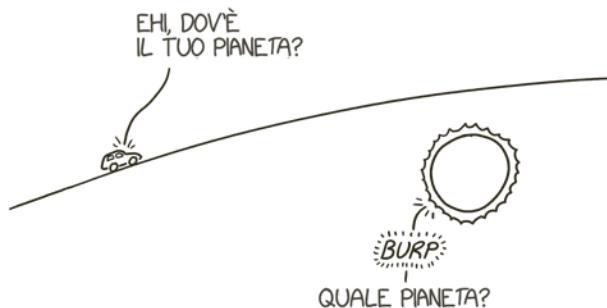
Ti servirebbero anche  $10^{17}$  tonnellate di roba da mangiare. Speriamo che ci siano molte aree di sosta intergalattiche, altrimenti il bagagliaio sarà bello pieno.



<sup>1</sup> Al 2021 la navicella spaziale *New Horizons* della NASA ha viaggiato per circa 8 miliardi di chilometri con una spesa di circa 850 milioni di dollari, che equivale a circa 10 centesimi al chilometro, abbastanza simile, negli Usa, al costo della benzina e qualche spuntino durante un viaggio.

<sup>2</sup> Un vecchio adagio dice di cambiare l'olio ogni 3000 miglia (circa 5000 chilometri), ma la maggior parte degli esperti di auto concorda sul fatto che è un mito: i moderni motori a benzina possono comodamente percorrere il doppio o il triplo di questa distanza tra un cambio e l'altro.

Sarà un viaggio molto lungo e il paesaggio non varierà granché. La maggior parte delle stelle visibili si esaurirà prima ancora che tu esca dalla Via Lattea. Se vuoi provare a toccare una stella a temperatura ambiente – vedi il capitolo 63 per capire cosa accadrebbe – ti consiglio di pianificare un percorso che passi vicino a Kepler-1606. Dista 2800 anni luce e quindi quando, dopo 30 miliardi di anni, la raggiungerai, si sarà raffreddata a una confortevole temperatura ambiente. In questo momento ha un pianeta, ma probabilmente lo avrà divorziato quando ci arriverai.



Una volta che le stelle si saranno esaurite, dovrà trovare qualche nuova distrazione. Anche se porti tutti gli audiolibri mai registrati e tutti gli episodi di tutti i podcast, non ti dureranno nemmeno fino ai margini del sistema solare.



Com'è noto, secondo Robin Dunbar l'essere umano medio mantiene circa 150 relazioni sociali. Il numero totale di esseri umani mai vissuti è qualcosa più di 100 miliardi. Un viaggio di  $10^{17}$  anni sarebbe lungo a sufficienza per rivivere la vita di ognuna di queste persone in tempo reale, in una sorta di documentario senza tagli, e poi *rivedere* ognuno di questi documentari 150 volte, ogni volta con una traccia di commento diversa dalle 150 persone che conoscevano meglio l'interessato.

E ORA A CHI TOCCA?

| LEOPOLD, NATO IN UNGHERIA NEL 1833,  
CON COMMENTO DI MARIA, UN'AMICA D'INFANZIA  
CHE UNA VOLTA GLI TIRO UN SA550.

ANCORA AMICI DI INFANZIA? SPLENDIDO,  
ALTRI 75 ANNI DI COMMENTI SULLA NOIOSA  
VITA DI LEO DA PARTE DI QUALCUNO  
CHE PER LA MAGGIOR PARTE DEL TEMPO  
NEANCHE LO FREQUENTAVA.

GIÀ, MA TI RICORDI L'EPISODIO DI MARIA?  
LEI È BUFFISSIMA, VEDRAI CHE CI DIVERTIAMO.



Una volta finito questo documentario completo su come l'umanità vede sé stessa, saresti ancora a meno dell'1% del percorso verso il confine dell'universo: avresti tutto il tempo per rivedere l'intero progetto – ogni vita umana con tutte le 150 tracce di commenti – 100 volte prima di arrivare a destinazione.

Una volta raggiunto il confine dell'universo osservabile, una possibilità è di impiegare altri  $4,8 \times 10^{17}$  anni per il viaggio di ritorno, ma dal momento che non ci sarà nessuna Terra a cui tornare – ci saranno soltanto buchi neri e gusci congelati di stelle – tanto varrà andare avanti.

Per quanto ne sappiamo, il confine dell'universo osservabile non è il vero confine dell'universo. È solo la distanza maggiore a cui possiamo guardare, dato che la luce non ha avuto tempo per giungere a noi da parti più lontane dello spazio. Non c'è motivo di pensare che lo spazio in sé finisca proprio in quel punto, ma non sappiamo quanto vada oltre. Potrebbe semplicemente continuare per sempre. Il confine dell'universo osservabile non è il confine dello spazio, ma della mappa. Non c'è modo di essere sicuri di cosa troverai quando lo attraverserai.

Assicurati di portare provviste extra.



## 6. POLTRONCINA A PICCIONI

D

Quanti piccioni sarebbero necessari per sollevare una persona media e una poltroncina fino all'altezza del grattacielo australiano Q1?

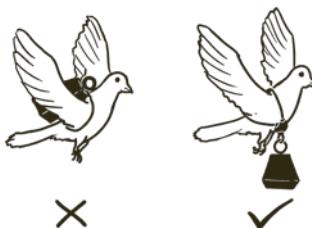
**Nick Evans**

**Strano ma vero, la scienza** può rispondere a questa domanda.



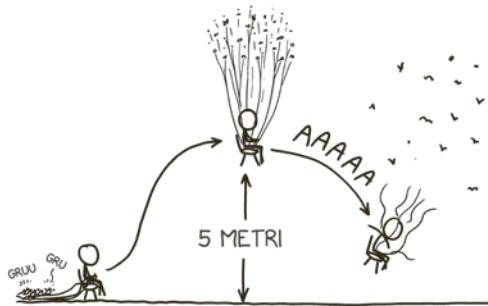
In uno studio del 2013 un gruppo di ricercatori dell'Università di Aeronautica e Astronautica di Nanchino diretti da Ting Ting Liu ha addestrato alcuni piccioni a volare fino a un trespolo indossando un'imbracatura zavorrata. Hanno scoperto che il piccione medio del loro studio riusciva a spiccare il volo e sollevarsi trasportando 124 grammi, circa un quarto del peso corporeo.

I ricercatori hanno appurato che i piccioni volano meglio se la zavorra è sospesa sotto il corpo, piuttosto che fissata sul dorso: quindi probabilmente è meglio se i piccioni sollevano la tua poltroncina dall'alto piuttosto che spingerla dal basso.



Supponiamo che la poltroncina e le imbracature pesino 5 chilogrammi e tu 65. Se hai usato i piccioni dello studio del 2013, ce ne vorrebbe uno stormo di circa 600 per sollevare il tutto e volare verso l'alto.

Sfortunatamente, volare con un carico richiede un grande sforzo. I piccioni dello studio del 2013 riuscivano a trasportare un carico verso l'alto fin sulla cima di un trespolo di 1,4 metri, ma probabilmente non sarebbero stati in grado di volare molto più in alto di così. Anche i piccioni senza pesi possono mantenere un faticoso volo verticale solo per pochi secondi. Uno studio del 1965 ha misurato una velocità di salita di 2,5 metri al secondo per i piccioni non ingombri<sup>1</sup> e quindi, anche a essere ottimisti, sembra improbabile che possano sollevare una poltroncina per più di 5 metri.<sup>2</sup>



<sup>1</sup> Ecco come gli autori dello studio del 1965, C. J. Pennycuick e G. A. Parker, descrivono il loro metodo per misurare la velocità di volo verticale dei piccioni: "I piccioni addomesticati venivano nutriti dalla mano, all'aperto, sul tetto piano del laboratorio, in un angolo ai piedi del muretto alto 107 centimetri che circonda il tetto. Una cinepresa era installata all'altezza della sommità del muretto, puntata verso l'angolo. All'avvio della cinepresa un assistente si precipitava verso i piccioni, che erano così costretti a fare un'ascesa quasi verticale per superare il muro." Adoro le sezioni sui metodi.

<sup>2</sup> Secondo uno studio del 2010 di Angela M. Berg *et al.*, circa il 25% dell'accelerazione del piccione alla partenza deriva dalla spinta delle zampe. Dal momento che per decollare dovrebbero spingere contro l'oggetto da portare in volo, avrebbero molto più lavoro da fare con le ali, rendendo queste stime ancora più ottimistiche di quanto non siano già.

Non c'è problema, potresti pensare. Se 600 piccioni possono sollevarti per i primi 5 metri, allora basta portarne appresso altri 600, come il secondo stadio di un razzo, che ti solleveranno per i successivi 5 metri quando il primo stormo si stanca. Ne puoi portare altri 600 per i 5 metri dopo e così via. Il Q1 è alto 322 metri, quindi circa 40.000 piccioni dovrebbero essere in grado di portarti in cima, giusto?

No. Questa idea ha un problema.

QUESTA IDEA HA UN PROBLEMA...



Poiché un piccione può trasportare solo un quarto del suo peso corporeo, ci vogliono quattro piccioni volanti per trasportare un piccione a riposo. Ciò significa che ogni "stadio" avrà bisogno di almeno quattro volte il numero di piccioni di quello sopra di esso. Ammesso che per sollevare una persona bastino 600 piccioni, sollevare una persona e 600 piccioni a riposo ne richiederebbe altri 3000.

Questa crescita esponenziale significa che un veicolo a 9 stadi, in grado di sollevarsi per 45 metri, avrebbe bisogno di quasi 300 milioni di piccioni, all'incirca pari all'intera popolazione mondiale di questi volatili. Raggiungere metà del grattacielo richiederebbe  $1,6 \times 10^{25}$  piccioni, che peserebbero circa  $8 \times 10^{24}$  chilogrammi, più della Terra. A quel punto i piccioni non sarebbero più attratti dalla gravità terrestre: sarebbe la Terra a essere attratta dalla gravità dei piccioni.

L'intero veicolo a 65 stadi per raggiungere la cima del Q1 peserebbe  $3,5 \times 10^{46}$  chilogrammi. Non sono solo più piccioni di quanti ce ne siano sulla Terra, è più massa di quanta ce ne sia nella galassia.

C'è un approccio migliore: evita di portare i piccioni con te. Dopotutto, i piccioni possono raggiungere da soli la sommità del grattacielo, e quindi puoi mandarli avanti ad aspettarti invece di farli portare dai loro amici. Se riesci



a addestrarli abbastanza bene, possono arrivare all'altezza che ti serve e, quando raggiungi la loro quota, possono afferrarti e tirarti verso l'alto per qualche secondo. Tieni presente che i piccioni non possono afferrare e trasportare oggetti con le zampe e quindi per intercettarti avrebbero bisogno di piccole imbracature con ganci, come gli aerei che appontano sulle portaerei.



Organizzandosi così, è possibile volare in cima al grattacielo con poche decine di migliaia di piccioni ben addestrati. Sarà bene assicurarsi di avere qualche sistema di sicurezza che ti impedisca di schiantarti al suolo ogni volta che passa un falco e spaventa i piccioni.

Questo velivolo non solo è più pericoloso di un ascensore, ma sarebbe anche molto più difficile scegliere la destinazione. Parti con l'idea di salire in cima al Q1, ma una volta decollato...



... sarai completamente in balia di chiunque abbia un sacchetto di semi.

#1

# risposte brevi

D

Cosa accadrebbe se il sangue di una persona diventasse uranio liquido? Morirebbe per le radiazioni, per la mancanza di ossigeno o per qualcos'altro?

**Thomas Chattaway**

MORIRESTI DI QUELLO CHE NELLA PROFESSIONE MEDICA CHIAMIAMO "SINDROME DEL NON-AVERE-SANGUE-ED-ESSERE-PIENO-DI-URANIO-FUSO".

O, PIÙ CONCISAMENTE, "MORBO DI JEFF".

ACCIDENTI, POVERO JEFF.



**D**

Sarebbe possibile avere una forma di attacco in stile anime in cui si crea una spada dall'aria? Non una lama d'aria, ma qualcosa tipo raffreddare l'aria al punto che sia solida e ci si possa colpire qualcuno.

**Emma di Manhattan**

**Certo. Ci vorrebbe un'intera stanza** piena d'aria, ma potresti farcela.

Gli studi sull'ossigeno solido fanno ritenere che abbia proprietà meccaniche simili alla plastica morbida, indurendosi man mano che si raffredda. Quindi, se creassi una spada di ossigeno, non sarebbe molto robusta, sarebbe difficile da affilare e ti congelerebbe rapidamente la mano. L'azoto, che ha un punto di fusione leggermente più alto, non sarebbe molto meglio. Ma si potrebbe fare.

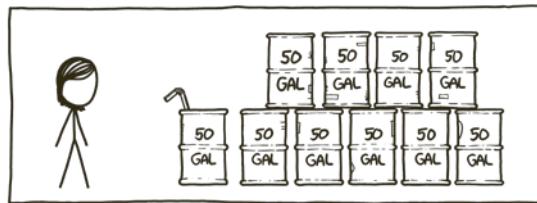
**D**

Quanta acqua bisogna bere per essere fatti al 99% di acqua?

**LyraxH**

$$\frac{\text{ACQUA NUOVA} + \text{ACQUA CORPOREA}}{\text{CORPO CHE NON È ACQUA}} = \frac{99}{1}$$

$$\begin{aligned}\text{ACQUA NUOVA} &= \frac{99}{1} \times (\text{NON-ACQUA}) - \text{ACQUA} \\ &= \frac{99}{1} \times \left(1 - \frac{70}{100}\right) \times 65\text{L} - \frac{70}{100} \times 65\text{L} \\ &= 29 \times 65\text{L} \\ &\approx 1900\text{L} \approx 500 \text{ GALLONI}\end{aligned}$$

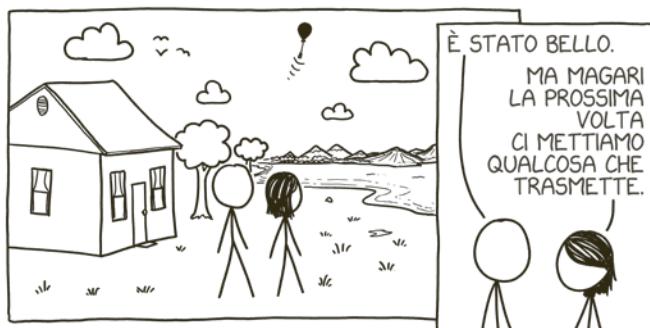


ECCO QUI!!.

D

Che cosa vedremmo se sospendessimo una telecamera leggerissima a un palloncino e lo facessimo volare?

**Raymond Peng**



**D**

Quante calorie consuma Mario in un giorno?

**daniel e xavier hovley**

FUNGHI IN SUPER MARIO BROS: 56

CALORIE IN UN FUNGO MEDIO: 5

CALORIE DISPONIBILI TOTALI: 280

DATA DI USCITA DI SUPER MARIO BROS: 13 SETTEMBRE 1985

USCITA DEL SUCCESSIVO GIOCO DI MARIO CON FUNGHI: 3 GIUGNO 1986

INTERVALLO: 263 GIORNI

CALORIE/GIORNO: 1,1

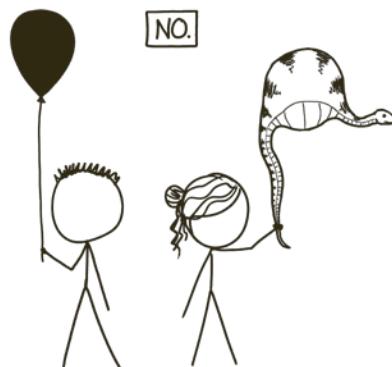
### CONCLUSIONE

MARIO MORÌ DI INEDIA  
NEGLI ULTIMI MESI DEL 1985.

**D**

Se un serpente si disarticolasse le mascelle  
e ingoiasse un palloncino gonfio, il palloncino  
porterebbe via il serpente?

**Freezachu**



D

Se uno saltasse giù da un aereo che vola a Mach 880980 a una quota di 30.000 metri sopra New York, con attrezzatura da paracadutista, sopravvivrebbe?

**Jack Catten**

D

Se non ci fosse acqua sulla Terra, vivremmo?

**Karen**

**Sopravvivere a questi due scenari** è impossibile in egual misura.

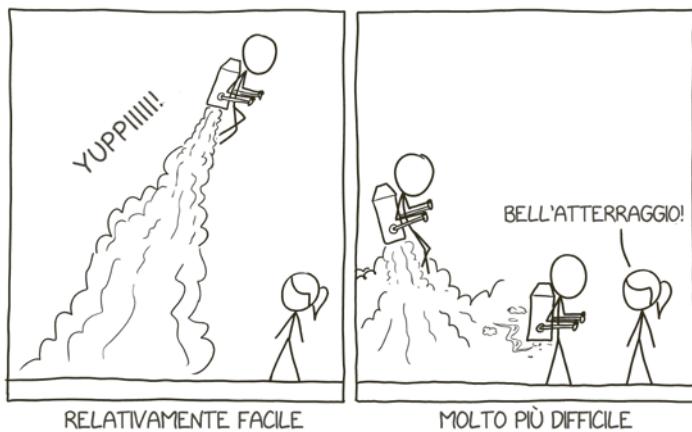
SCENARIO	PROBABILITÀ DI SOPRAVVIVENZA
PARACADUTISMO RELATIVISTICO	0,0%
SCOMPARSA DELL'ACQUA	0,0%

D

È possibile farsi in casa uno zaino a razzo?

**Azhari Zadil**

**È abbastanza facile creare uno** zaino a razzo che funzioni una volta. Due o più, è molto più difficile.

**D**

Mi stavo chiedendo: c'è un modo per usare la mia saldatrice ad arco come defibrillatore? (Lo specifico modello che possiedo è una saldatrice Impax IM-ARC140.)

**Łukasz Grabowski, Lancaster, Regno Unito**

**Non usare assolutamente la saldatrice** ad arco come defibrillatore e, dopo aver letto la tua domanda, francamente penso che non dovrebbero lasciartela usare nemmeno come saldatrice ad arco.

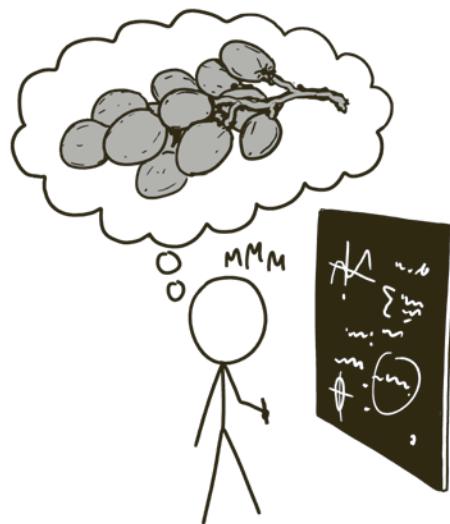


D

Cosa accadrebbe se ogni atomo della Terra si ingrandisse fino alle dimensioni di un acino d'uva? Sopravvivremmo?

Jasper

**Non sono sicuro di come** rispondere a questa domanda con ragionamenti scientifici, ma adesso mi è venuta davvero voglia di uva.



## 7. LE CALORIE DEL T. REX

D

Se un T. rex venisse lasciato libero a New York, quanti esseri umani dovrebbe consumare al giorno per soddisfare il suo fabbisogno calorico?

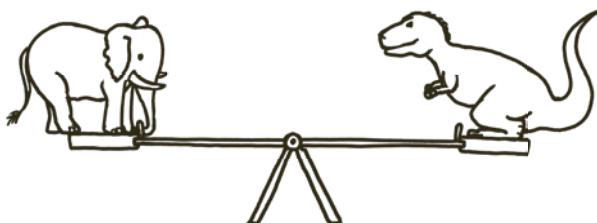
T. Schmitz

Circa mezzo adulto o un bambino di dieci anni.

LUN	MAR	MER	GIO	VEN	SAB	DOM
○	○	○	○	○	○	○

*Accidenti, ieri mi sono dimenticato di mangiarlo. Posso averne due?*

Il *Tyrannosaurus rex* pesava circa quanto un elefante.<sup>1</sup>



<sup>1</sup> L'ho sempre trovato un po' strano; la mia immagine mentale degli elefanti è che hanno le stesse dimensioni di automobili o camion, mentre il T. rex, come mostra *Jurassic Park*, è abbastanza grande da calpestarle, le auto. Ma una ricerca di immagini su Google con automobile+elefante mostra elefanti che incombono sulle automobili proprio come il T. rex in *Jurassic Park*. Quindi, splendido, ora mi fanno paura anche gli elefanti.

Nessuno sa per certo come funzionasse il metabolismo dei dinosauri, ma le migliori ipotesi sul nutrimento necessario per un T. rex si concentrano attorno a circa 40.000 calorie al giorno.

Se assumiamo che i dinosauri abbiano un metabolismo simile ai mammiferi di oggi, dovrebbero mangiare molto più di 40.000 calorie al giorno. Ma attualmente si ritiene che, sebbene i dinosauri fossero più attivi (in parole povere, “a sangue caldo”) rispetto ai moderni serpenti e lucertole, quelli molto grandi avevano probabilmente un metabolismo che assomigliava più ai draghi di Komodo che agli elefanti e alle tigri.<sup>2</sup>

In secondo luogo, dobbiamo sapere quante calorie contiene un essere umano. Per fortuna questo numero ci viene fornito da Ryan North, autore di *Dinosaur Comics*, che ha prodotto una maglietta con un’etichetta nutrizionale del corpo umano. Secondo la maglietta di Ryan, un essere umano di 80 chili contiene circa 110.000 calorie di energia: quindi un T. rex dovrebbe consumare un essere umano ogni due giorni circa.<sup>3</sup>

Nel 2018 nella città di New York sono nate 115.000 persone, che potrebbero sostenere una popolazione di circa 350 tirannosauri. Questo dato ignora però l’immigrazione e, cosa più importante, l’emigrazione, che presumibilmente in questo scenario aumenterebbe in modo significativo.

STO PENSANDO DI ANDARME DA BROOKLYN.

GLI AFFITTI SONO CARI  
E I TIRANNOsaURI SI MANGIANO LA GENTE.



<sup>2</sup> Per i grandi sauropodi, sappiamo che deve essere così, perché con un metabolismo come quello dei mammiferi si surriscalderebbero. Tuttavia, c’è molta incertezza sui dinosauri delle dimensioni di un T. rex.

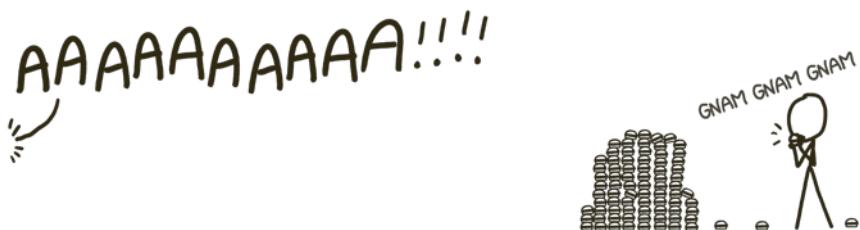
<sup>3</sup> Un T. rex sarebbe probabilmente incline a mangiare in un solo pasto cibo per diversi giorni o settimane: così, se ne avesse la possibilità, potrebbe mangiare un gruppo di persone tutte insieme, e poi restare per un po’ senza mangiare.

I 39.000 ristoranti McDonald's nel mondo vendono qualcosa come 18 miliardi di hamburger all'anno,<sup>4</sup> per una media di circa 1250 hamburger per ristorante al giorno. Questi 1250 hamburger contengono circa 600.000 calorie, il che significa che ogni T. rex ha bisogno solo di circa 80 hamburger al giorno per sopravvivere e un McDonald's potrebbe sostentare una quindicina di tirannosauri solo con gli hamburger.



Se vivi a New York e vedi un T. rex, non preoccuparti. Non devi scegliere un amico da sacrificare; basta che ordini 80 hamburger.

E se poi il T. rex preferisce lo stesso il tuo amico, be', hai 80 hamburger!



In ogni caso, forse più che un amico era un conoscente.

<sup>4</sup> A metà degli anni novanta hanno smesso di aggiornare la scritta "serviti X miliardi" che appariva sulle insegne, quindi questa è solo una stima approssimativa.

## 8. IL GEYSER

D

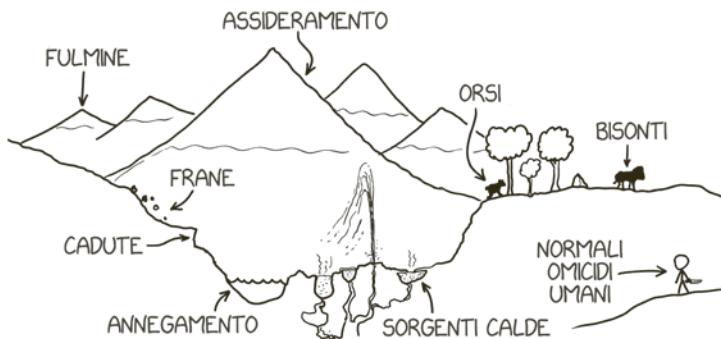
Se uno si mettesse sul geyser Old Faithful  
nel Parco nazionale di Yellowstone,  
a che velocità verrebbe lanciato  
in alto dall'acqua, e quanto male  
rischierebbe di farsi?

**Catherine McGrath**

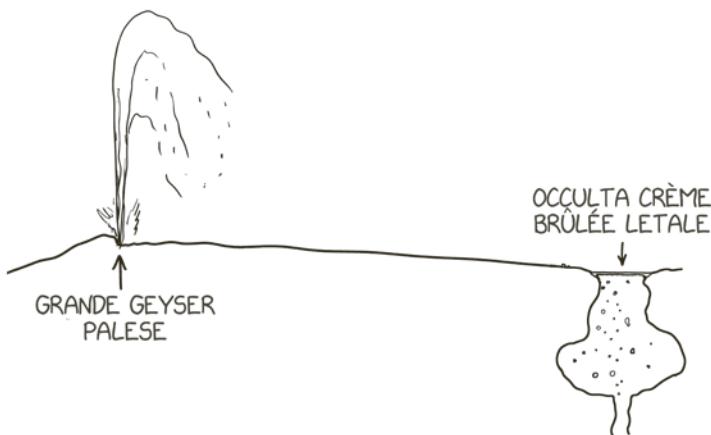
**Non saresti la prima persona** a essere gravemente ustionata dall'Old Faithful, ma forse saresti la prima a esserne uccisa.

Il libro *Death in Yellowstone*, una cronaca degli incidenti, mortali e no, nel Parco nazionale di Yellowstone compilato dallo storico del parco Lee H. Whittlesey, non menziona alcuna morte dovuta ai geyser stessi. Ci sono stati numerosi casi di persone ustionate dalle eruzioni, tra cui un chirurgo tedesco sopravvissuto a una caduta nella bocca dell'Old Faithful nel 1901, ma non ci sono casi ben documentati di morte per il getto del geyser.

### CAUSE DI MORTE A YELLOWSTONE (ELENCO NON COMPLETO)

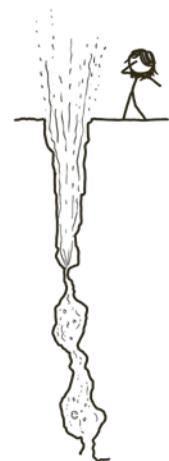


Ma sebbene *Death in Yellowstone* non menziona alcun caso di morte per i getti dei geyser in sé, riferisce un numero allarmante di incidenti nelle loro vicinanze. Spesso le pozze bollenti nelle aree geotermicamente attive sono ricoperte da una sottile crosta minerale molto fragile. Chi cammina intorno ai geyser mette spesso un piede sulla crosta e sprofonda verso la morte.<sup>1</sup>



Se ti piazzassi sul geyser e ne aspettassi un'eruzione, l'esperienza non sarebbe piacevole. Quando l'Old Faithful erutta, espelle circa mezza tonnellata d'acqua al secondo. Il getto che ne esce è un mix di goccioline d'acqua, aria e vapore con la densità di un sacchetto di batuffoli di cotone. Questo getto si muove velocemente – circa 70 metri al secondo appena prima di emergere dal suolo – e quindi ha la quantità di moto di un flusso di automobili sull'autostrada.

Un geyser è una specie di razzo capovolto. Se calcoliamo la spinta dell'Old Faithful come faremmo per un motore a razzo, moltiplicando la portata del flusso di massa per la velocità, otteniamo una spinta di alcune tonnellate, che è simile a quella del seggiolino eiettabile di un caccia, e quindi ha chiaramente la forza necessaria per lanciare una persona molto in alto.



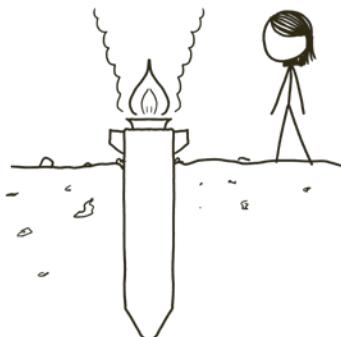
<sup>1</sup> In un incidente avvenuto nel 1905, lo sfortunato stava addirittura prendendo appunti sul geyser in un taccuino quando cadde, situazione che trovo sgradevolmente riconoscibile. Sono abbastanza sicuro che è così che me ne andrò.

## MODELLO SEMPLIFICATI

SEGGIOLINO EIETTABLE



GEYSER



La tua velocità di lancio, e quindi l'altezza a cui arriveresti, dipenderebbero molto da come ti colpisce il getto del geyser. Un colpo di striscio potrebbe semplicemente scaraventarti da una parte. Riceveresti una spinta maggiore se fossi centrato direttamente sopra lo sfiato, intercettando la massima parte del flusso. Se tenessi aperto un ombrello molto robusto, potresti in linea di principio farti lanciare a varie decine di metri di quota, persino più in alto del pennacchio stesso. Anche se sopravvivessi alle gravi ustioni, la caduta sarebbe quasi certamente fatale.

Un numero sorprendente di persone è stato ustionato dai geyser di Yellowstone. Negli anni venti del Novecento, circa una persona all'anno veniva scottata dall'Old Faithful. A differenza di chi cadeva nelle pozze bollenti, le persone ustionate dal geyser in genere non si erano avventurate accidentalmente in un luogo pericoloso senza rendersene conto. La maggior parte si era chinata e aveva cercato di sbirciare nello sfiato del vapore.

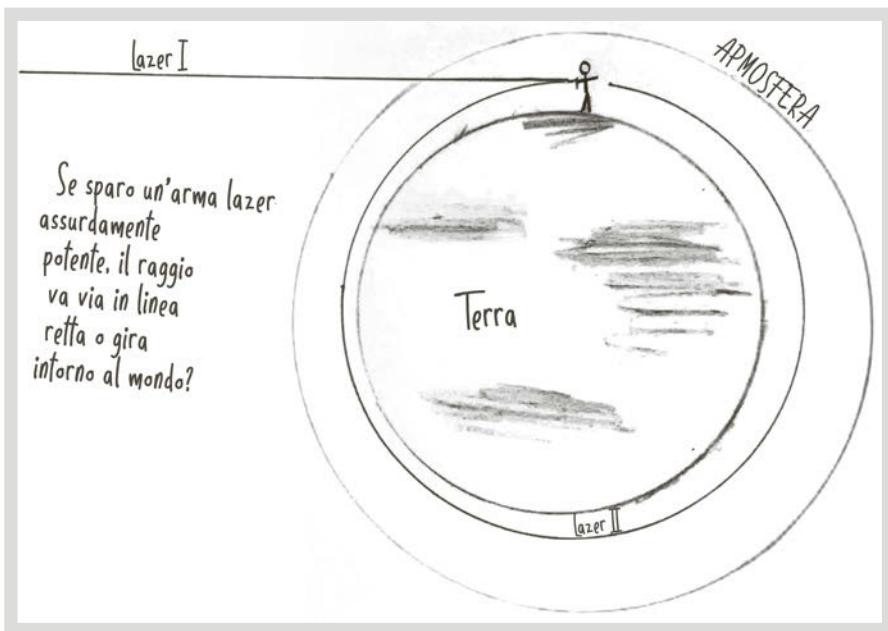
Mi sa che dobbiamo aggiungere un'altra voce all'elenco.

## COSE DA NON FARE (PARTE 3647 DI ????)

- N. 156.812 MANGIARE CAPSULE DI DETERSIVO
- N. 156.813 CAMMINARE SUI TRAMPOLI DURANTE UN TEMPORALE
- N. 156.814 ACCENDERE FUOCHI D'ARTIFIZIO IN UNA STAZIONE DI SERVIZIO
- N. 156.815 DAR DA MANGIARE AL GATTO PRELIBATEZZE CHE HANNO L'ESATTA FORMA E ASPETTO DI UNA MANO UMANA
- N. 156.816 (NUOVO!) CHINARSI SULLO SFIATO DI UN GEYSER E SBIRCIARCI DENTRO

## 9. ZAP ZAP ZAP

D



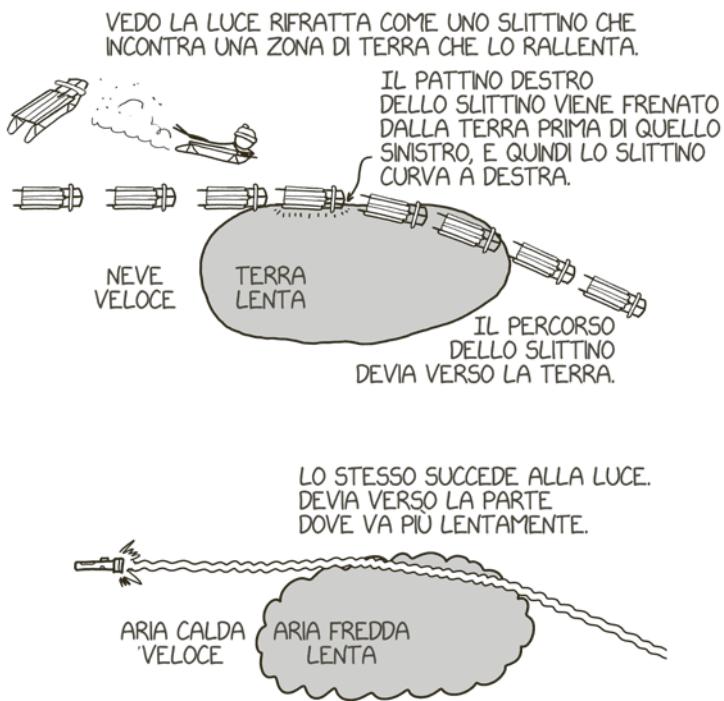
**Maelor, 11 anni**

**È giusta la traiettoria numero 1.** Il raggio andrebbe oltre il confine della Terra nello spazio!  
Probabilmente.



Ci sono alcuni rari casi in cui il raggio *non* si allontanerebbe dalla Terra. Se ti trovi vicino a un oceano in una giornata calda, nel posto e nel momento giusto, puoi far sì che un laser inizi a seguire il percorso numero 2.

La luce nell'atmosfera non segue una linea perfettamente retta. L'aria rallenta la luce e l'aria più densa la rallenta maggiormente. Quando l'aria da una parte del raggio viene rallentata più di quella dall'altra parte, fa deviare la luce in quella direzione.

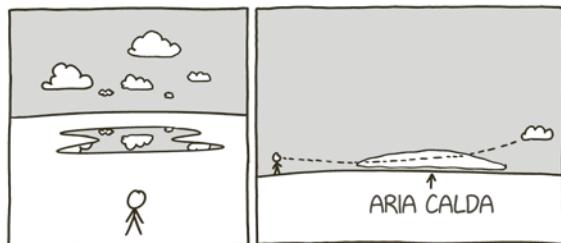


Nella maggior parte dell'atmosfera, la luce si incurva leggermente verso il basso, perché l'aria al di sotto è molto più densa di quella al di sopra.<sup>1</sup>

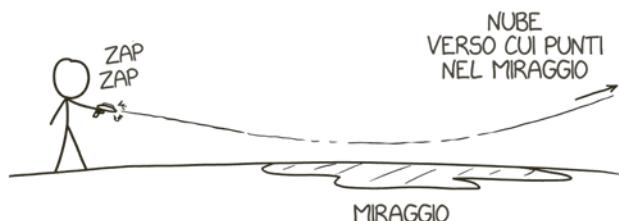
In prossimità del suolo si trovano spesso strati d'aria ravvicinati con temperature molto diverse. Nelle giornate calde e soleggiate, il terreno può diventare caldo, il che riscalda anche l'aria vicino al suolo. Per questo, quando guardiamo un parcheggio

<sup>1</sup> L'atmosfera devia anche la luce solare. All'alba, quando vediamo apparire il Sole, in realtà è ancora un po' sotto l'orizzonte. Se non avessimo un'atmosfera, non lo vedremmo ancora. Invece l'atmosfera incurva la luce e ce lo fa vedere un po' in anticipo.

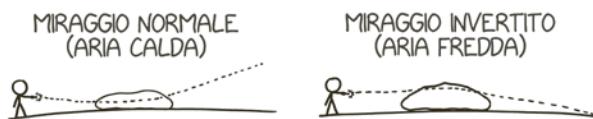
deserto, a volte vediamo quella che sembra acqua scintillante: un miraggio. Un miraggio è un riflesso del cielo; la luce dal cielo scende vicino alla superficie e poi devia verso l'occhio, e così sembra provenire da terra.



Se puntassi una pistola laser su questa macchia di “acqua”, il raggio devierebbe e partirebbe verso il cielo.



Se vuoi deviare il raggio laser al punto da evitare che vada verso lo spazio, devi trovare un posto in cui l'aria vicino al suolo sia *più fredda* dell'aria immediatamente al di sopra. Un posto in cui ciò accade è sull'oceano: quando l'aria calda passa sopra l'acqua fredda dell'oceano, si raffredda l'aria sopra la superficie, come un parcheggio deserto ma al contrario. La luce che passa sopra l'aria fredda si incurva, a volte di molto.



Quando guardiamo sopra l'acqua, a volte vediamo terra e acqua che fluttuano sopra la superficie, a causa dei percorsi strani seguiti dalla luce. Questi luccicanti ciuffi di

terreni e di costruzioni che galleggiano sopra l'orizzonte costituiscono la cosiddetta fatamorgana, fenomeno chiamato in questo modo perché si pensava che assomigliassero ai castelli galleggianti appunto della fata Morgana.

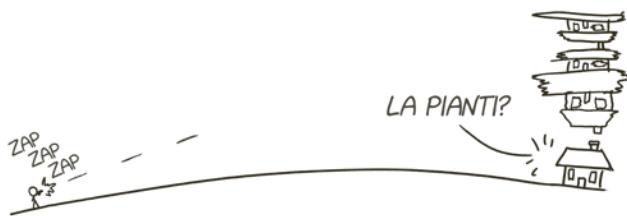
VEDO UN'ISOLA VOLANTE! DEV'ESSERE IL CASTELLO DELLA FATA MORGANA, LA MALVAGIA INCANTATRICE!

| PENSO CHE SIA SOLO L'ALTRA COSTA DELLA BAIA. VEDI, QUELLA È CASA DI MEGAN.

LA FATA MEGANA!



Se vuoi sparare con un laser a una fatamorgana, basta che punti verso l'immagine. L'oggetto non è davvero lì, ma la traiettoria seguita dal laser sarà la stessa della luce che raggiunge i tuoi occhi. La cosa che fluttua in cielo è un'illusione, ma le illusioni sono fatte di luce. Quindi, se mai dovessi trovarsi di fronte a qualche spaventoso fantasma illusorio, ricorda questa regola pratica dell'ottica: se lo vedi, gli puoi sparare con un laser.



## 10. LEGGERE TUTTI I LIBRI

D

A che punto della storia umana hanno cominciato a esserci tanti libri (in inglese) che non fu più possibile leggerli tutti nel corso di una vita?

**Gregory Willmot**

È una domanda complicata. Determinare in modo preciso il numero di libri esistenti nei vari momenti della storia è molto difficile, al limite dell'impossibile. Per esempio, con l'incendio della biblioteca di Alessandria molti scritti andarono perduti,<sup>1</sup> ma è difficile stabilire *quanti* testi sparirono. Alcune stime vanno da 40.000 libri a 532.800 rotoli di papiro. Altri autori considerano questi numeri poco plausibili in un verso o nell'altro.

I ricercatori Eltjo Buringh e Jan Luiten van Zanden hanno usato cataloghi storici per ottenere statistiche sul numero di libri (o manoscritti) pubblicati annualmente per zona geografica. Secondo le loro cifre, il tasso di pubblicazione nelle isole britanniche probabilmente superò un manoscritto al giorno intorno all'anno 1075 e.v.

La maggior parte dei manoscritti pubblicati nel 1075 non erano in inglese, e neppure nelle varianti dell'inglese comuni all'epoca. All'epoca la tradizione scritta in Gran Bretagna era in genere in qualche forma di latino o francese, anche nelle aree in cui la lingua quotidiana era l'inglese antico.

Le storie che compongono *I racconti di Canterbury* (scritte alla fine del Trecento) furono parte di un movimento verso l'inglese popolare come lingua letteraria.

<sup>1</sup> D'altra parte, molti lettori egiziani furono probabilmente entusiasti di non dover pagare la penale per le restituzioni in ritardo.

Sebbene siano tecnicamente scritte in inglese, non sono esattamente leggibili da un occhio moderno:

*"Wepyng and waylyng, care and oother sorwe  
I knowe ynogh, on even and a-morwe,"  
Quod the Marchant, "and so doon other mo  
That wedded been."*



(Se tra i lettori c'è il mio insegnante di inglese delle superiori, non si preoccupi, è solo una battuta. Capisco perfettamente questo passaggio.)

Anche se sapessimo quanti manoscritti venivano pubblicati all'anno, per rispondere alla domanda di Gregory dovremmo sapere quanto tempo ci vuole per *leggere* un manoscritto.

Invece di cercare di capire quanto sono lunghi tutti i libri e i codici perduti, possiamo fare un passo indietro e guardare la questione più da lontano.

## VELOCITÀ DI SCRITTURA

Tolkien scrisse *Il Signore degli Anelli* in 11 anni, il che significa che scrisse a un ritmo medio di 125 parole al giorno, cioè circa 0,085 parole al minuto. Harper Lee scrisse le 100.000 parole del *Buio oltre la siepe* in due anni e mezzo, per una media di 100 parole al giorno, ossia circa 0,07 parole al minuto. Poiché *Il buio oltre la siepe* è l'unico libro che pubblicò, la media su tutta la vita è di 0,002 parole al minuto, cioè circa 3 parole al giorno.

Alcuni autori sono significativamente più veloci. L'autrice Corín Tellado ha pubblicato migliaia di romanzi rosa tra la metà e la fine del XX secolo, consegnando all'editore un libro a settimana. Per gran parte della sua carriera pubblicò più di un milione di parole all'anno, il che corrisponde a una media di 2 parole al minuto per la maggior parte della vita.

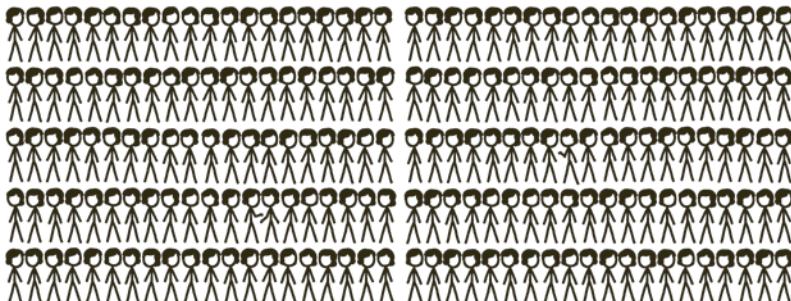
È ragionevole presumere che gli scrittori del passato avessero una varietà simile di ritmi di scrittura. Potreste osservare che battendo su una tastiera si procede a una velocità più che doppia rispetto a scrivere a mano, ma la velocità a cui si scrive fisicamente non è il collo di bottiglia di uno scrittore. Dopotutto, a una velocità di battitura di 70 parole al minuto, basterebbero 24 ore per digitare *Il buio oltre la siepe*.



Battere a macchina e scrivere un libro vanno a velocità tanto diverse perché il collo di bottiglia nella scrittura di libri è la velocità a cui il nostro cervello può organizzare, produrre e rivedere le storie. Probabilmente nel corso del tempo questa “velocità di narrazione” è cambiata molto meno della nostra velocità di scrittura fisica.

Abbiamo così un modo molto migliore per stimare quando il numero di libri è diventato troppo grande per essere letto. Se lo scrittore vivente medio si trova da qualche parte tra Harper Lee e Corín Tellado, potrebbe produrre 0,05 parole al minuto nel corso dell’intera vita.

La persona media può leggere fra 200 e 300 parole al minuto. Se leggesse 16 ore al giorno a 300 parole al minuto, potresti stare al passo con un mondo che contiene una popolazione media di 100.000 Harper Lee vive o 200 Corín Tellado vive.



Se stimiamo che durante i loro periodi *attivi* gli scrittori producono tra 0,1 e 1 parola al minuto, allora un lettore a tempo pieno potrebbe essere in grado di tenere il passo con una popolazione di circa 500 o 1000 scrittori attivi. La risposta alla domanda

di Gregory – il momento in cui c'erano troppi libri in inglese per poterli leggere in una vita – si verificò qualche tempo prima che la popolazione di scrittori inglesi attivi raggiungesse le centinaia. A quel punto, tenere il ritmo è diventato impossibile.

Secondo una stima della rivista *Seed*, il numero totale di autori avrebbe raggiunto questo punto intorno all'anno 1500 e da allora ha continuato a crescere rapidamente. Il numero di scrittori inglesi attivi ha superato questa soglia poco dopo, all'epoca di Shakespeare, e il numero totale di libri in inglese probabilmente ha superato il limite di lettura in una vita verso la fine del XVI secolo.

D'altro canto, quanti sono quelli che *vorresti* leggere? Se vai su [goodreads.com/book/random](http://goodreads.com/book/random), puoi vedere un campione semicasuale di ciò che leggeresti. Ecco che cosa è capitato a me:

- *School Decentralization in the Context of Globalizing Governance: International Comparison of Grassroots Responses* [“Decentramento scolastico nel contesto della governance globalizzata: confronto internazionale delle risposte di base”] di Holger Daun
- *Powolanie* (Dragon Age 2) [edizione polacca di *Dragon Age. La chiamata*] di David Gaider
- *An Introduction to Vegetation Analysis: Principles, Practice and Interpretation* [“Un'introduzione all'analisi della vegetazione: principi, pratica e interpretazione”] di David R. Causton
- *AACN Essentials of Critical-Care Nursing Pocket Handbook* [AACN Manuale di area critica. L'essenziale a portata di mano] di Marianne Chulay
- *National Righteousness and National Sin: The Substance of a Discourse Delivered in the Presbyterian Church of South Salem, Westchester co., N.Y., November 20, 1856* [“Rettitudine nazionale e peccato nazionale. La sostanza di un discorso pronunciato nella chiesa presbiteriana di South Salem, contea di Westchester (NY), il 20 novembre 1856”] di Aaron Ladner Lindsley
- *Phantom of the Auditorium* (Goosebumps 24) [Il fantasma del palcoscenico (Piccoli brividi 24)] di R. L. Stine
- *High Court #153; Case Summaries on Debtors and Creditors-Keyed to Warren* [“Sintesi dei casi su debitori e creditori, con riferimenti al Warren”] di Dana L. Blatt
- *Suddenly No More Time* [“Improvvisamente non c'è più tempo”] di Emil Gaverluk

Finora ho letto... quello di “Piccoli brividi”.

Per affrontare il resto potrei aver bisogno  
di un po' di aiuto.



# strane & preoccupanti

#1

D

Le api e altri insetti possono andare all'inferno? Oppure possono uccidere altre api senza subirne le conseguenze?

**Sadie Kim**



D

Quanti specchi che riflettono la luce (del Sole) servirebbero per ammazzare, o almeno ferire, una persona?

**Eli Collinge**



D

Se uno dovesse asportare le tonsille a un gigante, quale sarebbe il modo più sicuro per farlo? Il chirurgo è un normale essere umano.

**Tirzah, 10 anni**



D

Che cosa servirebbe per abbattere l'*Air Force One* con un drone???

**Anonimo**

PRONTO, SECRET SERVICE?  
SÌ, SONO DI NUOVO RANDALL...



## 11. CHIESE E BANANE

D

Ci sarebbe spazio per tutte le banane del mondo in tutte le chiese del mondo? Sono più di dieci anni che i miei amici ne discutono.

**Jonas**

Sì.

FINALMENTE! LA NOSTRA DIATRIBA DECENNALE SI PUÒ ACCANTONARE.



Sappiamo che c'è spazio per le banane per il semplice motivo che nei luoghi di culto di tutto il mondo c'è probabilmente spazio per le *persone* del mondo, e gli esseri umani non mangiano il loro peso in banane ogni anno.

Secondo un sondaggio del Pew Research del 2017 sulle religioni,<sup>1</sup> poco meno del 30% della popolazione mondiale frequenta ceremonie settimanali della propria tradizione religiosa. Se contiamo come “chiese” tutti gli spazi in cui si svolgono queste ceremonie, vuole dire che ce ne sono a sufficienza per ospitare almeno due miliardi di persone.

<sup>1</sup> Con qualche congettura necessaria a colmare le lacune per i paesi non coperti dai loro sondaggi.

Edifici come chiese e aule scolastiche hanno in genere tra 0,5 e 2,5 metri quadrati di superficie a persona. Se supponiamo che abbiano una media di 1,5 metri quadrati a persona e che la maggior parte di loro serva solo una comunità, se ne deduce che i luoghi di culto occupano qualcosa come 3000 chilometri quadrati della superficie terrestre.



Poniamo di poter mettere insieme l'intera produzione di banane di un anno, che è probabilmente di circa 120 milioni di tonnellate. Quando sono imballate nelle scatole, le banane hanno una densità di circa 300 chilogrammi per metro cubo. Per vedere fino a che altezza riempirebbero i luoghi di culto del mondo, possiamo dividere il loro volume totale per la nostra stima di 3000 chilometri quadrati:

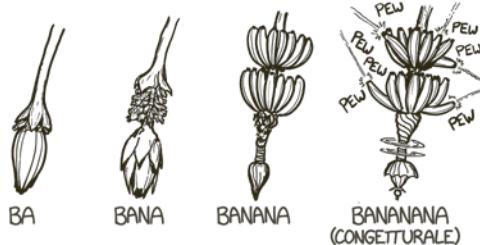
$$\frac{120 \text{ milioni di tonnellate}}{300 \text{ kg/m}^3} / 3000 \text{ km}^2 \approx 13 \text{ cm}$$

Il risultato ci dice che la produzione di banane di un anno ci arriverebbe appena alle caviglie.



Lo strato di banane sarebbe ancora meno profondo, perché la produzione di banane di un anno in realtà non è mai presente simultaneamente. I fiori di banana impiegano alcuni mesi per maturare da piccoli frutti simili a dita a banane mature pronte per essere mangiate...

## STADI DI CRESCITA DELLA BANANA



... quindi il numero di banane esistenti in un dato momento è solo una parte della produzione di un anno, il che rende lo strato di banane ancora meno profondo.

Ma anche se i nostri dati sulle banane fossero sbagliati, la risposta sarebbe probabilmente giusta. Capovolgendo il calcolo, possiamo stimare quante banane sarebbero necessarie per riempire tutte le chiese del mondo e vedere se il risultato sembra plausibile.

Se circa una persona su quattro partecipa a regolari funzioni religiose al chiuso e gli edifici in cui ciò accade hanno qualcosa come 1,5 metri quadrati di spazio per partecipante, ciò corrisponde a circa 0,4 metri quadrati di spazio per ogni abitante della Terra (compresi i non praticanti). Se davvero ci fossero in tutto il mondo banane a sufficienza per riempire tutti i luoghi di culto fino al soffitto, ciò significherebbe che la quota della produzione globale di banane corrispondente a ogni persona riempirebbe un volume pari a quegli 0,4 metri quadrati moltiplicati per l'altezza media dei soffitti.

Molti edifici religiosi sono famosi per le loro alte volte. Ma persino assumendo un'altezza media piuttosto bassa, come 2,5 metri, riempire lo spazio di ogni persona richiederebbe circa 2000 banane. Sono abbastanza sicuro che il mondo non produca 2000 banane a persona in un anno, per il semplice motivo che non mangio sei banane al giorno e non conosco nessuno che lo faccia.

A meno che non ci sia da qualche parte una persona che mangia tante banane da mandare all'aria la media globale.



QUANTE BANANE DEVE  
MANGIARE OGNI PERSONA  
PER FARLO FUNZIONARE



BANANAS GEORG,  
CHE VIVE SU UNA MONTAGNA  
E MANGIA 17.000 MILIARDI  
DI BANANE ALL'ANNO,  
E UN CASO ECCEZIONALE  
E NON VA CONTATO.

## 12. AL VOLO!

D

C'è qualche modo per sparare con un'arma da fuoco così che il proiettile sfrecci in aria e poi si possa prendere al volo senza farsi male?

Per esempio, quello che spara è al livello del mare e il bersaglio è su una montagna al limite estremo della gittata dell'arma.

**Edmond Hui, Londra**

Il **bullet catch** è un numero da palcoscenico in cui sembra che un illusionista prenda al volo un proiettile, spesso tra i denti. È un trucco, naturalmente; non è possibile afferrare un proiettile in questo modo.

Ma nelle giuste condizioni, potrebbe non essere del tutto escluso. Ci vorrebbero solo molta pazienza e tanta fortuna.

Un proiettile sparato verso l'alto a un certo punto raggiunge un'altezza massima.<sup>1</sup> Probabilmente non si fermerebbe del tutto; è più verosimile che per un momento si sposti lateralmente a una velocità di un paio di metri al secondo. Se qualcuno sparasse un proiettile verso l'alto...

<sup>1</sup> Non fatelo. Nei quartieri dove la gente spara verso l'alto per festeggiare, c'è sempre qualcuno che rimane ucciso dai proiettili che ricadono.



... e tu fossi su una mongolfiera esattamente sopra il poligono di tiro...



... è *possibile* che tu riesca ad allungare la mano e afferrare il proiettile al vertice della sua traiettoria.

### COSE DA NON FARE (ELenco aggiornato)

- N. 156.812: MANGIARE CAPSULE DI DETERSIVO
- N. 156.813: CAMMINARE SUI TRAMPOLI DURANTE UN TEMPORALE
- N. 156.814: ACCENDERE FUOCHE D'ARTIFIZIO IN UNA STAZIONE DI SERVIZIO
- N. 156.815: DAR DA MANGIARE AL GATTO PRELIBATEZZE CHE HANNO L'ESATTA FORMA E ASPETTO DI UNA MANO UMANA
- N. 156.816: CHINARSI SULLO SFATO DI UN GEYSER E SBIRCIARCI DENTRO
- N. 156.817: (NUOVO!) PASSARE IN MONGOLFIERA SOPRA A UN POLIGONO DI TIRO

Se riuscissi ad afferrare un proiettile al culmine del suo arco, potresti notare qualcosa di strano: oltre a essere caldo, il proiettile ruoterebbe. Avrebbe perso la sua spinta verso l'alto ma non il momento angolare; avrebbe ancora la rotazione impressa dalla canna dell'arma.



Questo effetto si può notare con chiarezza quando un proiettile viene sparato verso il ghiaccio. Come confermano decine di filmati su YouTube, spesso i proiettili sparati nel ghiaccio continuano a ruotare rapidamente. Dovresti afferrare saldamente il proiettile, altrimenti potrebbe sfuggirti di mano.

Se non hai una mongolfiera, potresti in teoria riuscirci dalla cima di una montagna. Il monte Thor<sup>2</sup> in Canada presenta una parete verticale di 1250 metri. Secondo il laboratorio di balistica Close Focus Research, è quasi esattamente l'altezza a cui arriva un proiettile .22 Long Rifle se lo si spara direttamente verso l'alto.



<sup>2</sup> Che abbiamo già incontrato nel capitolo “Caduta libera” del primo *Cosa accadrebbe se?*

Se vuoi usare proiettili più grandi, ti servirà un dislivello molto maggiore; il proiettile di un AK-47 può arrivare a più di 2 chilometri di altezza. La Terra non ha rupi puramente verticali così alte: dovresti sparare il proiettile con una certa inclinazione e così avrebbe una velocità laterale significativa nella parte superiore della parabola. Tuttavia, con un guanto da baseball abbastanza resistente potrebbe essere possibile afferrarlo.<sup>3</sup>

In ognuna di queste situazioni dovresti essere straordinariamente fortunato. Data l'incertezza dell'esatta traiettoria del proiettile, probabilmente dovresti sparare migliaia di colpi prima di afferrarne uno esattamente nel punto giusto.

E a quel punto ti renderai conto di aver attirato un po' di attenzione.

SIGNORA, CI HANNO CHIAMATO PERCHÉ  
STA SPARANDO A UNA MONGOLFIERA.

QUEL MAGO NON SCAPPERÀ!  
DEVE TORNARE A OZ E PAGARE  
PER LE SUE MENZOGNE!



<sup>3</sup> In effetti, secondo la rivista *Rifle*, un autore specializzato in armi una volta affermò che a 900 metri avrebbe potuto afferrare normali proiettili di fucile con un guanto da baseball. Ovviamente non lo intendeva in senso letterale: non sarebbe possibile veder arrivare il proiettile e quindi ci sarebbe la stessa probabilità di prenderlo con la faccia che con il guanto.

## 13. PERDERE PESO IN UN MODO LENTO E ASSURDAMENTE DIFFICILE

D

Voglio perdere 10 chili. Quanta parte della Terra dovrei trasferire nello spazio per raggiungere il mio obiettivo?

Ryan Murphy, New Jersey

**Sembra abbastanza facile.** Il tuo peso deriva dalla gravità terrestre che ti attira verso il basso. La gravità della Terra deriva dalla sua massa. Meno massa dovrebbe significare meno gravità. Togli massa dalla Terra e perderai peso.

Decidi di fare un tentativo.

Rimuovere molta massa dalla Terra richiede molta energia, quindi per cominciare ti impadronisci di tutte le riserve di petrolio dell'intero pianeta.

HO BISOGNO DELLE RISERVE DI ENERGIA DI TUTTE LE NAZIONI. NON HO TEMPO PER DARE SPIEGAZIONI!



Trasformi il petrolio in carburante e lo usi per lanciare in orbita diverse centinaia di miliardi di tonnellate di rocce. In questo modo hai tolto una media di 0,2 mm di roccia dalla superficie terrestre. Salti sulla bilancia.



Va bene, non ha funzionato. Ma ha senso; qualche centinaio di miliardi di tonnellate è una minuscola percentuale della massa della Terra.

Bruciare gli altri combustibili fossili della Terra aiuta un po', specialmente il carbonio, che c'è in gran quantità, e ti permette di eliminare quasi un millimetro della superficie terrestre.<sup>1</sup> Torni sulla bilancia.



Accidenti.

Ti serve più energia.

Copri l'intero pianeta con pannelli solari ad alta efficienza e passi un anno ad assorbire tutta la luce solare che colpisce la Terra e a usarla per alimentare i tuoi lanciarocce. L'umanità vive all'ombra dei tuoi pannelli. Probabilmente a questo punto la gente ce l'ha un po' con te.



<sup>1</sup> Qualcuno potrebbe lamentarsi ma, tra i lati positivi, quel millimetro probabilmente comprende tutta la sporcizia e sudiciume vario per terra. Puoi spiegare che hai pulito dappertutto, e gratis.

Un anno di luce solare ti darebbe energia a sufficienza per rimuovere quasi 100.000 miliardi di tonnellate di roccia, diversi centimetri della superficie del pianeta. Purtroppo, non basta.



Chiaramente, questo approccio a piccoli passi non funziona.

Ti serve più energia. Invece di catturare solo la piccola parte dell'energia del Sole che raggiunge la Terra, decidi di catturare *tutta* la sua energia costruendogli intorno un involucro per raccogliere l'energia: una sfera di Dyson. Una volta che sei in grado di sfruttare l'intera emissione di energia del Sole, ne hai a sufficienza per iniziare a strappare via la superficie terrestre molto più rapidamente.

Le rocce della Terra diventano più calde man mano che vai in profondità. Dopo aver rimosso alcune centinaia di metri della crosta, la gente comincia a notare che il terreno si sta riscaldando. Quando sei arrivato a eliminare un chilometro di roccia, la superficie raggiunge i 40 °C. Magari è piacevole per i piedi quando ti alzi dal letto in una mattina fredda, ma rende la vita piuttosto scomoda. Inoltre, dal momento che hai rimosso le coperture dei vari punti caldi della superficie terrestre, tutti i vulcani del mondo erutterebbero.

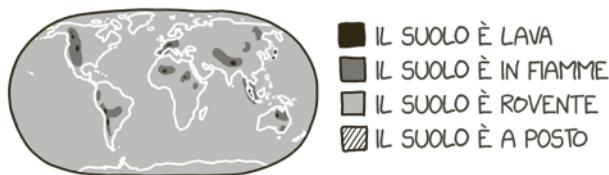


Vai a pesarti.



Accidenti.

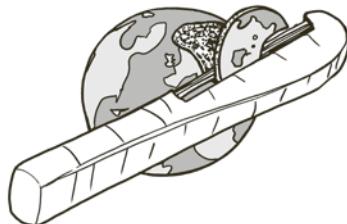
Usi la tua sfera di Dyson per eliminare altra roccia. Ora ne hai rimosso uno strato di 5 chilometri, il che richiede circa 20 minuti. (Per buona misura dedichi qualche altro minuto ad asportare gli oceani.) La Terra non è più neanche lontanamente abitabile. Grazie al magma esposto sotto il supervulcano di Yellowstone, il Wyoming nordoccidentale è un lago di lava. Sulla maggior parte del pianeta il terreno è abbastanza caldo da far bollire l'acqua e accendere fuochi.



Provi di nuovo a pesarti.



Poco male, devi solo eliminare altra roccia, magari con una specie di pelapatate alimentato dal Sole.



Tagli via 20 chilometri di crosta e così facendo fai emergere il mantello terrestre su gran parte dell'ex fondale marino.



Be', nessuno ha mai detto che perdere peso fosse facile. Togli altri 20 chilometri, rimuovendo strati di mantello fuso e sacche di crosta profonda.



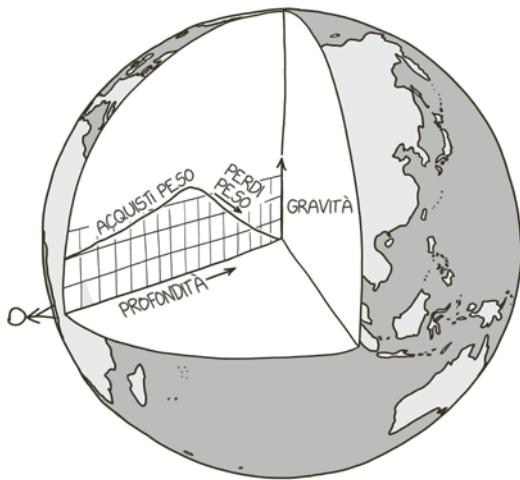
Vai avanti. Dopo quattro ore di lavoro con il tuo pelopianeti, hai eliminato 60 chilometri di roccia per lo più fusa. Quando sali sulla bilancia, vedi finalmente un cambiamento.



Pesi mezzo chilo in *più*.

Com'è possibile?

Se la Terra avesse una densità uniforme, rimuoverne alcuni strati ti renderebbe più leggero. Ma il nostro pianeta si fa più denso man mano che scendi in profondità e la densità annulla la perdita di massa. Il pianeta diventa un po' più leggero rimuovendo la superficie, ma così ti avvicini al nucleo denso. L'effetto complessivo è che la rimozione dello strato esterno della Terra rende la sua gravità superficiale *più intensa*.



La gravità continua ad aumentare man mano che vai più a fondo. Smette di crescere solo dopo che hai eliminato circa 3000 chilometri di pianeta, riducendo della metà il diametro della Terra ed espellendo due terzi della sua massa. (Il tuo pelapianeti alimentato dal sole ci mette circa una settimana.) Il tuo peso raggiunge il picco di circa 97 chili, dopo di che inizia a calare quando cominci a rimuovere il denso nucleo esterno.

Dopo aver rimosso 3450 chilometri di roccia, il tuo peso torna al valore di quando hai iniziato. Dopo 3750 chilometri di roccia, finalmente raggiungi il tuo obiettivo di perdere 10 chili. A questo punto, hai rimosso l'85% della massa terrestre. Ma hai perso peso!



Questo piano ha alcuni difetti. È vero, distrugge la Terra, ma è anche inutilmente inefficiente. C'è un modo molto più semplice per ridurre l'attrazione gravitazionale della Terra su di te senza modificare la tua massa o allontanarti dal pianeta.

Un guscio sferico di materia non esercita alcuna forza gravitazionale sugli oggetti al suo interno, il che significa che se vai sottoterra gli strati di roccia sopra di te smettono di contribuire al tuo peso. Da un punto di vista gravitazionale, è come se svanissero. In realtà, quindi, non avevi bisogno di *rimuovere* massa dalla Terra, ti bastava andarci sotto. Avresti potuto evitare tutta quella fatica con una galleria relativamente semplice.



Almeno sei riuscito a evitare di fare attività fisica? Be', più o meno. In fin dei conti il tuo progetto ha richiesto un'enorme quantità di lavoro. Per rimuovere la superficie terrestre sono servite  $5 \times 10^{28}$  calorie di energia, che sono più calorie di quelle che verrebbero bruciate se l'intera popolazione umana iniziasse a fare allenamenti intensi 24 ore al giorno da adesso fino a quando il Sole smetterà di ardere e i suoi resti si saranno raffreddati a temperatura ambiente.

LAVORO NECESSARIO (IN CALORIE)	
IL TUO PIANO	$50.000.000.000.000.000.000.000.000.000$
QUALSIASI ALTRO PIANO MAI CONCEPITO DA CHICHESSIA	DI MENO

Se il tuo obiettivo era di evitare lavoro fisico, non avresti potuto fallire più miseramente.

## 14. DIPINGERE LA TERRA

D

L'umanità ha prodotto vernice a sufficienza per coprire l'intera superficie emersa della Terra?

**Josh, Woonsocket, Rhode Island**

**Questa risposta è piuttosto semplice** da calcolare. Possiamo cercare le dimensioni dell'industria mondiale delle vernici, estrapolare all'indietro per calcolare la quantità totale di vernice prodotta in tutti i tempi e fare qualche ipotesi su come dipingere il terreno.<sup>1</sup>



Prima, però, pensiamo a diversi modi in cui potremmo farci un'idea di quale sarà la risposta. In questo tipo di ragionamento, le cosiddette stime di Fermi, conta soltanto trovare l'ordine di grandezza corretto; la risposta deve cioè avere all'incirca il giusto numero di cifre. Nelle stime di Fermi<sup>2</sup> possiamo arrotondare tutte le risposte all'ordine di grandezza più vicino:

<sup>1</sup> Quando arrivi al deserto del Sahara, consiglio di non usare un pennello.

<sup>2</sup> Usando la formula  $Fermi(x) = 10^{\text{arrotonda}(\log_{10}x)}$ , si deduce che 3 va arrotondato a 1 e 4 va arrotondato a 10.

FATTI SU DI ME

ETÀ: 100 ANNI  
STATURA: 1 METRO  
NUMERO DI BRACCIA: 1  
NUMERO DI GAMBE: 1  
NUMERO COMPLESSIVO DI ARTI: 10  
VELOCITÀ MEDIA DI GUIDA: 100 KM/H

Supponiamo che, in media, ogni essere umano sia responsabile dell'esistenza di due stanze, ed entrambe siano dipinte. Il mio soggiorno ha circa 50 metri quadrati di superficie verniciabile e quindi due ambienti così corrisponderebbero a 100 metri quadrati. Otto miliardi di persone moltiplicati per 100 metri quadrati a persona danno poco meno di mille miliardi di metri quadrati, un'area più piccola dell'Egitto.



Facciamo l'ipotesi azzardata che, in media, una persona su mille trascorra la vita lavorativa a dipingere cose. Se assumo che mi ci vogliano 3 ore per dipingere la stanza in cui mi trovo,<sup>3</sup> e che in tutto siano esistiti 100 miliardi di esseri umani, e ognuno di quegli imbianchini abbia passato 30 anni a dipingere cose per 8 ore al giorno, arriviamo a 150.000 miliardi di metri quadrati... quasi esattamente l'area emersa della Terra.



Quanta vernice ci vuole per dipingere una casa? Non sono una persona abbastanza adulta da averne un'idea, e quindi formuliamo un'altra stima di Fermi.

<sup>3</sup> Probabilmente è una stima ottimistica, soprattutto se nella stanza c'è una connessione a Internet.

Sulla base dell'idea che mi sono fatto girando per i negozi di bricolage, hanno in vendita tante lampadine quanti barattoli di vernice. Una casa normale potrà contenere circa 20 lampadine, e quindi supponiamo che una casa abbia bisogno di circa 20 galloni (cioè circa 75 litri) di vernice.<sup>4</sup> Si, suona bene.

Negli Stati Uniti la casa media costa circa 400.000 dollari. Supponendo che un gallone di vernice copra circa 300 piedi quadrati (ossia che un litro di vernice copra circa 7,5 metri quadrati), ciò corrisponde a circa un metro quadrato di vernice per 700 dollari di proprietà immobiliare. Ricordo vagamente che il patrimonio immobiliare mondiale ha un valore combinato di qualcosa come 400.000 miliardi di dollari,<sup>5</sup> il che suggerisce che ci sono circa 600 miliardi di metri quadrati di pittura nel settore immobiliare mondiale. È supergiù come l'area di due Italie.

TROPPO POCO	GIUSTO	TROPPO
	/	

Naturalmente entrambe le ipotesi relative agli edifici potrebbero essere sbagliate per eccesso (molti edifici non sono dipinti) o per difetto (molte cose che non sono edifici<sup>6</sup> sono dipinte). Ma in base a queste stime azzardatissime alla Fermi, la mia congettura è che probabilmente non c'è abbastanza vernice per coprire tutte le terre emerse.

E allora, come se l'è cavata Fermi?

Secondo il *Polymers Paint Color Journal*, nel 2020 il mondo ha prodotto 41,5 miliardi di litri di vernici e rivestimenti.

A questo punto c'è un bel trucco che ci può aiutare. Se una certa grandezza – per esempio l'economia mondiale – cresce da un po' di tempo a un tasso annuo pari a

<sup>4</sup> Sono stime molto approssimative.

<sup>5</sup> Citazione: un sogno noiosissimo che ho fatto una volta.

<sup>6</sup> ESEMPI DI COSE CHE NON SONO EDIFICI: anatre, foglie, M&M, automobili, il Sole, granelli di sabbia, seppie, microchip, solvente per unghie, le lune di Giove, fulmini, pelo di topo, dirigibili, tenie, barattoli di sottaceti, quei bastoncini che si usano per tostare i marshmallow, alligatori, diapason, minotauro, le Perseidi, schede elettorali, petrolio greggio, influencer sui social network e catapulte che lanciano manciate di anelli di fidanzamento. Questi sono tutti i non-edifici che mi vengono in mente; se a voi viene in mente qualcosa che mi è sfuggito, lo potete annotare qui nel margine.

$n$  – per esempio, del 3% (e quindi  $n = 0,03$ ) – allora il valore dell'anno più recente costituisce una frazione pari a  $1 - \frac{1}{1+n}$  dell'intero totale finora; e l'intero totale finora è il valore dell'anno più recente moltiplicato per  $1 + \frac{1}{n}$ .

Se assumiamo che negli ultimi decenni la produzione di vernici abbia seguito l'andamento dell'economia e sia cresciuta di circa il 3% all'anno, ciò significa che la quantità totale di vernice prodotta è uguale all'attuale produzione annua moltiplicata per 34.<sup>7</sup> Si tratta di circa 1400 miliardi di litri di vernice. A 30 metri quadrati al gallone,<sup>8</sup> è abbastanza per coprire 11.000 miliardi di metri quadrati, meno dell'area della Russia.

Quindi la risposta è no; non c'è abbastanza vernice per coprire le terre emerse e, di questo passo, probabilmente non ce ne sarà abbastanza fino all'anno 2100.

Un punto per le stime di Fermi.

#### I FILM PREFERITI DI ENRICO FERMI:

- *LA CARICA DEI 100*
- *OCEAN'S TEN*
- *I MAGNIFICI DIECI*
- *1000: ODISSEA NELLO SPAZIO*
- *IL MIRACOLO DELLA 100<sup>a</sup> STRADA*
- *IL DECIMO SENSO*
- *10 MILE*
- *100 ANNI VERGINE*

<sup>7</sup>  $1 + \frac{1}{0,03}$ .

<sup>8</sup> “Metri quadrati al gallone” è un’unità non decimale molto fastidiosa, ma c’è di peggio. Ho incontrato in veri testi tecnici il “piede-acro”, un’unità di volume pari a un piede per una catena per un furlong.

## 15. GIOVE ARRIVA IN CITTÀ

D

Caro Randall, cosa accadrebbe se rimpicciolissimo il pianeta Giove fino alle dimensioni di una casa e lo mettessimo al posto di una casa che c'è già?

**Zachary, 9 anni**

VI PIACCIA O NO, NEL REGOLAMENTO DELL'ASSOCIAZIONE PROPRIETARI IMMOBILIARI NON C'E NULLA CHE LO VIETI.



È una di quelle situazioni che suonano disastrose, ma, se ci pensi un momento, in realtà potrebbe non andare così male. Poi, se ci pensi un po' di più, ti rendi conto che andrebbe estremamente male.



Un Giove delle dimensioni di una casa non avrebbe molta gravità e quindi non creerebbe un buco nero o cose del genere.<sup>1</sup> Giove è poco più denso dell'acqua e quindi un Giove del diametro di 15 metri peserebbe non più di 2500 tonnellate. È pesante, ma non *tanto* pesante; è quanto un piccolo edificio per uffici o qualche decina di balene. Se mettiamo una sfera d'acqua di 15 metri di diametro in mezzo a una zona residenziale, creerebbe un patatrac e potrebbe distruggere qualche casa prima di formare un piccolo stagno, ma non avrebbe strani effetti gravitazionali.



Dal momento che il Giove di Zachary ha circa le dimensioni e il peso di una sfera d'acqua larga 15 metri, sembra che le cose potrebbero non andare poi così male.

Ecco il problema: Giove è *caldo*.

Come la Terra, Giove è costituito da uno strato esterno sottile e freddo avvolto intorno a un interno incandescente. L'interno di Giove è costituito principalmente da idrogeno, compresso e con temperature che raggiungono decine di migliaia di gradi. E le cose calde e dense vogliono espandersi.

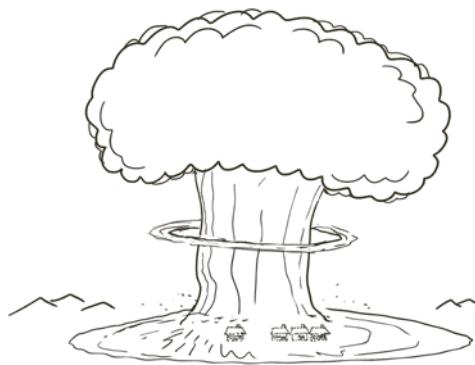
Una palla di idrogeno a 20.000 °C si spingerebbe verso l'esterno con una pressione incredibile. Il motivo per cui il vero Giove non esplode è che la sua immane gravità contrasta la pressione e lo tiene insieme. Se rimpiccolissi Giove e lo depositassi in mezzo al tuo quartiere, questo idrogeno caldo ad alta pressione, senza la gravità a tenerlo insieme, si espanderebbe.

"ESPANDERSI"? CIÒ È,  
COMINCEREBBE A CRESCERE?



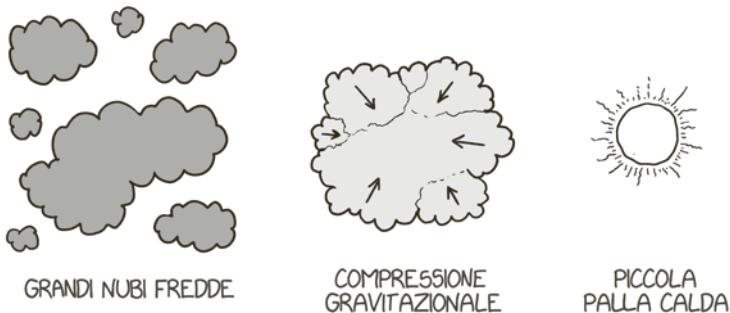
<sup>1</sup> Stiamo supponendo che la densità del Giove più piccolo rimanga la stessa: è fatto dello stesso materiale, solo che ce n'è di meno. Sono le regole di *Tesoro, mi si sono ristretti i ragazzi*.

Giove si espanderebbe in modo così violento che spianerebbe quasi all'istante tutte le case dell'isolato e forse porterebbe con sé l'intero quartiere. Man mano che la palla di fuoco cresce, si raffredderebbe e salirebbe nell'atmosfera. Dopo cinque o dieci secondi il gas in ascesa formerebbe una nube a fungo.<sup>2</sup>



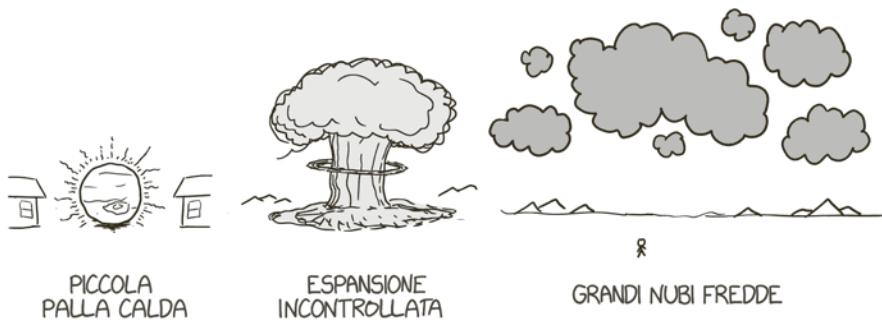
Se qualcuno riprendesse questi eventi – si spera da una distanza di sicurezza – e riproducesse il filmato al contrario, in un certo senso assomiglierebbe alla formazione di Giove.

Il motivo per cui Giove è così caldo è che 4,6 miliardi di anni fa la gravità fece collassare su sé stessa una nuvola di gas. Quando viene compresso, il gas si riscalda, perché le molecole vengono costrette ad avvicinarsi e collidono più velocemente. Dal momento che per formare Giove si riunì tantissimo gas, la sua gravità era intensissima e quindi si compattò molto energeticamente e divenne caldissimo.



<sup>2</sup> Tendiamo ad associare le nubi a fungo alle armi nucleari, ma in realtà sono semplicemente ciò che accade quando scarichiamo molta energia termica in aria tutta assieme. Non ha importanza quale sia la fonte del calore: se ce n'è abbastanza e viene rilasciato in tempi sufficientemente brevi creerà un fungo.

Più di quattro miliardi di anni dopo, molto di quel calore – circa la metà – è ancora lì, intrappolato sotto l'immensa gravità di Giove e la coltre isolante di nubi. A un mini-Giove mancherebbe quella spinta immane verso l'interno. Il suo nucleo caldo sarebbe in grado di scagliare via la coltre isolante ed espandersi verso l'esterno, ingrandendosi e raffreddandosi rapidamente.



L'esplosione che distruggerebbe il quartiere rappresenterebbe quattro miliardi di anni di calore compresso e finalmente rilasciato. Giove, liberato dalle catene della gravità, tornerebbe a essere quello che era prima che si formasse il Sole: una nuvola di gas sottile e fredda, sparsa nel cielo.



## 16. SABBIA STELLARE

D

Se creassimo una spiaggia usando granelli  
di sabbia che hanno, tra loro, le stesse  
proporzioni delle stelle della Via Lattea,  
che aspetto avrebbe la spiaggia?

**Jeff Wartes**

### La sabbia è interessante. [senza fonte]

“Ci sono più granelli di sabbia o stelle nel cielo?” è una domanda ricorrente che è stata affrontata da molte persone. In poche parole, la risposta a questa domanda è che probabilmente ci sono più stelle nell'universo visibile che granelli di sabbia su tutte le spiagge della Terra.

Quando si cerca di rispondere alla domanda se ci sono più stelle o più granelli di sabbia, in genere si tira fuori qualche dato valido sul numero di stelle, dopo di che ci si tiene sul vago sulle dimensioni dei granelli di sabbia per trovare il numero corrispondente per la sabbia. Dev'essere perché la geologia e le scienze della terra sono più complicate dell'astrofisica.

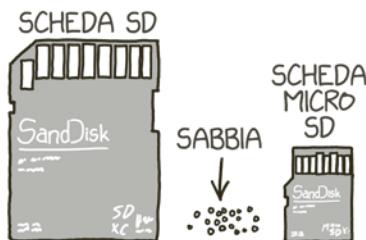
Non proveremo a contare i singoli granelli, ma per rispondere alla domanda di Jeff dobbiamo capire qualcosa sulla sabbia. In particolare, dobbiamo avere un'idea di quali dimensioni di granelli corrispondono ad argilla, limo, sabbia fine, sabbia grossolana e ghiaia, così potremo capire che aspetto avrebbe la nostra galassia se fosse una spiaggia.<sup>1</sup>

Fortunatamente, non c'è niente che piaccia di più agli scienziati che dare definizioni di varie categorie. Un secolo fa, un geologo di nome Chester K. Wentworth pubblicò un indice definitivo delle dimensioni dei granelli, che stabiliva intervalli di diametri per

<sup>1</sup> Invece di limitarsi a contenerne chissà quante.

sabbia grossolana, sabbia fine e argilla. Secondo gli studi sulla sabbia, i granelli che si trovano sulle spiagge tendono a variare da 0,2 mm a 0,5 mm (con gli strati più fini in alto). Ciò corrisponde a sabbia da media a grossolana sulla scala di Wentworth.

I singoli granelli di sabbia sono grandi circa così:



Se assumiamo che il Sole corrisponda a un tipico granello di sabbia, e poi moltiplichiamo per il numero di stelle nella galassia, otteniamo una sabbiera bella grande.<sup>2</sup>

Se tutte le stelle avessero le stesse dimensioni del Sole, questa stima sarebbe corretta, ma non è così. Alcune stelle sono piccole e altre sono enormi. Le più piccole hanno all'incirca le dimensioni di Giove, mentre alcune di quelle grandi sono incredibilmente grandi, di dimensioni paragonabili al nostro intero sistema solare. Alcuni dei granelli nel nostro universo-sabbiera sarebbero più simili a massi.

Ecco come apparirebbero i granelli di sabbia stellare della sequenza principale:<sup>3</sup>



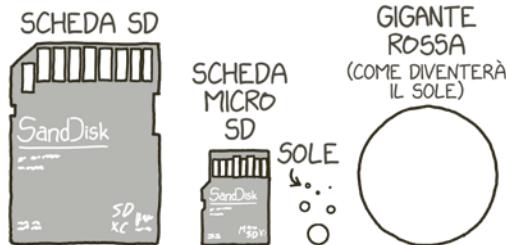
*Fatto di astronomia: queste stelle sono **tutte** tecnicamente chiamate stelle "nane", anche quelle grandi, perché gli astronomi non sono bravi quanto Chester K. Wentworth a dare nomi alle cose.*

<sup>2</sup> Cioè, in realtà troviamo solo un sacco di numeri, ma la nostra immaginazione li trasforma in una sabbiera.

<sup>3</sup> Le stelle nella parte principale del loro ciclo vitale, in cui consumano il loro carburante.

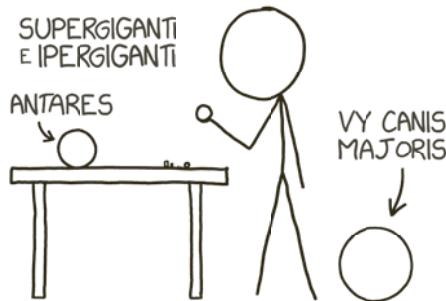
Le versioni-sabbia di queste stelle della sequenza principale rientrano fondamentalmente nella categoria “sabbia”, anche se le stelle più grandi – che diventano “harder, better, faster, stronger” come i Daft Punk – attraversano la frontiera verso la “ghiaia molto fine” e la “ghiaia”.

Ma queste sono solo le stelle della sequenza principale. Morendo, le stelle diventano molto, molto più grandi.

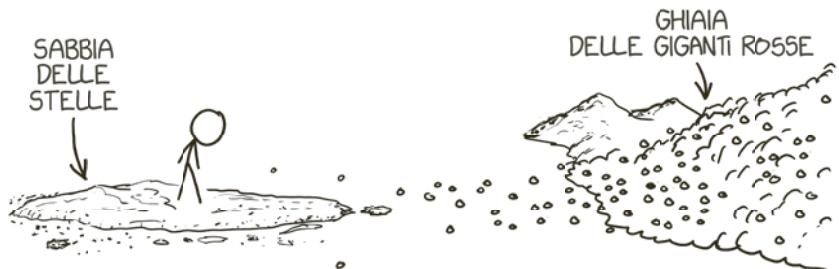


*Sono grandi quasi quanto le schede sd!*

Quando una stella esaurisce il carburante, si espande in una gigante rossa. Anche le stelle ordinarie possono raggiungere dimensioni enormi, ma quando una stella già grandissima entra in questa fase, può diventare un vero mostro. Queste supergiganti rosse sono le stelle più grandi dell'universo.



Queste stelle-sabbia delle dimensioni di un pallone da spiaggia sarebbero rare, ma le giganti rosse corrispondenti a un acino d'uva o a una palla da baseball sono relativamente comuni. Sebbene non siano abbondanti quanto le stelle simili al Sole o le nane rosse, per via del loro volume enorme costituirebbero la maggior parte della nostra sabbia. Avremmo una grossa sabbiera di granelli... più un campo di ghiaia che va avanti per chilometri.



La piccola zona di sabbia conterebbe il 99% dei granelli del mucchio, ma meno dell'1% del suo volume totale. Il nostro Sole non è un granello di sabbia su una soffice spiaggia galattica; quello che è vero è che la Via Lattea è un campo di massi con della sabbia in mezzo.

Ma, come per le vere spiagge terrestri, è nelle rare piccole distese di sabbia tra le rocce che ci si diverte davvero.



## 17. ALTALENE

D

A che altezza può arrivare un'altalena  
dandosi lo slancio con le gambe?

È possibile costruire un'altalena tanto alta  
da lanciare chi ci sta sopra nello spazio,  
se salta al momento giusto? (Ipotizziamo  
che l'essere umano abbia energia a sufficienza,  
cosa che il mio cinquenne sembra avere.)

**Joe Coyle**

**Esiste una quantità sorprendentemente ampia** di ricerche sulla fisica delle altalene,  
in parte perché i pendoli sono sistemi fisici molto interessanti e forse anche perché  
tutti i fisici sono stati bambini.



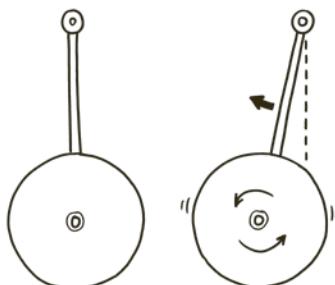
I bambini che si dondolano sull'altalena imparano rapidamente che possono mettersi in moto con movimenti alternati, spingendo in fuori i piedi e tirando il busto all'indietro, e poi ritraendo sotto di sé i piedi e piegandosi in avanti. I fisici la chiamano "oscillazione forzata" e una serie di studi sin dagli anni settanta ha analizzato come funziona di preciso questo meccanismo per un'altalena e qual è il modo più efficiente di applicarlo.

Quello che hanno scoperto i fisici, dopo mezzo secolo di ricerche, è che i bambini sanno esattamente che cosa fare. Calciare ritmicamente e sporgersi tenendo le mani sulle catene sembra la strategia ottimale per muoversi su un'altalena usando il proprio corpo. Per un po' alcuni fisici hanno teorizzato che una strategia migliore per spingersi su un'altalena potesse essere quella di stare in piedi sul sedile e alzare e abbassare il corpo, accovacciandosi e rialzandosi alternativamente, ma ulteriori calcoli hanno mostrato che i bambini hanno capito tutto.



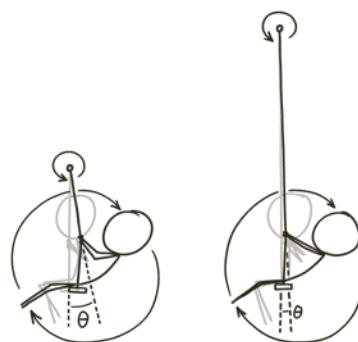
Può sembrare che oscillare i piedi per arrivare più in alto con l'altalena debba violare in qualche modo la conservazione dell'energia. Come si fa a spingersi contro il nulla? Ma in realtà non ci stiamo spingendo contro il nulla; ci stiamo spingendo, indirettamente, contro la traversa dell'altalena.

Se all'estremità inferiore di un pendolo si fissa una ruota mossa da un motorino, quando si accende il motorino il pendolo si inclina leggermente nella direzione opposta, mantenendo costante il momento angolare dell'intero sistema rispetto alla traversa.



Darsi lo slancio su un'altalena funziona allo stesso modo. Quando si inclina il corpo mentre ci si tiene alle catene, l'altalena si inclina leggermente nella direzione opposta, spingendoci contro la gravità. A quel punto, quando la gravità inverte la direzione del nostro movimento, ruotiamo il corpo nella direzione opposta. Dato che l'altalena ci sta portando nell'altra direzione, il nostro gesto ci spinge un po' di più nella direzione del movimento. Inclinandoci al momento giusto dell'oscillazione, sia l'inclinazione in avanti che quella all'indietro ci fanno oscillare un po' più in alto.

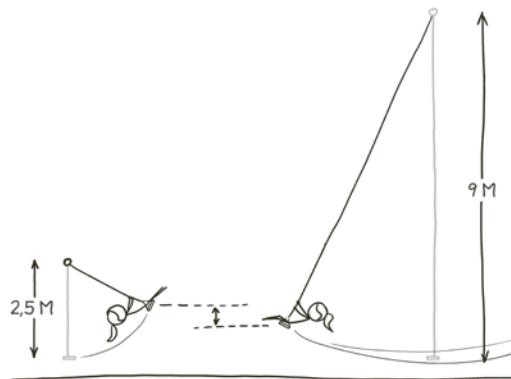
Se l'altalena è molto alta, questo metodo diventa meno efficiente. Quando siamo molto lontani dalla traversa, inclinandoci non modifichiamo granché l'intero sistema e di conseguenza l'altalena si muove meno. Un adulto che si inclina all'indietro una volta su un'altalena di 2,5 metri può ottenere un'oscillazione di 1 grado, mentre lo stesso movimento su un'altalena di 9 metri la farebbe oscillare di appena 0,07 gradi.



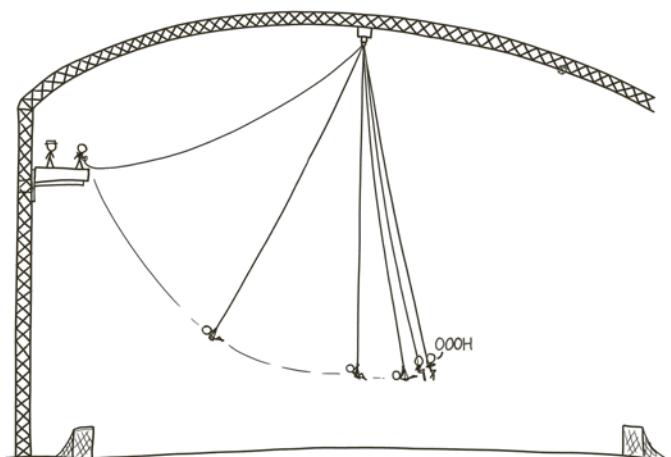
Per via della ridotta efficienza di questo metodo su un'altalena più alta ci vuole più tempo per farla muovere. Su un'altalena di 2,5 metri, ogni impulso aggiunge poco più di un grado, e quindi per arrivare a una buona oscillazione di 45 gradi, ci vorranno appena 45 spinte, che richiederanno circa 70 secondi. Invece su un'altalena di 9 metri, dove ogni spinta aggiunge molto meno all'arco, ci serviranno 640 slanci per arrivare a 45 gradi. Dal momento che un pendolo più alto impiega più tempo per oscillare avanti e indietro, potremo calciare meno volte al minuto, e quindi queste 640 spinte richiederanno più di mezz'ora.

Se ci provate con una vera altalena di 9 metri, scoprirete che non si riesce a salire fino a 45 gradi. Anzi, non potrete nemmeno sollevarvi da terra più in alto che su un'altalena di 2,5 metri! Per via della resistenza dell'aria, si perde un po' di velocità nella

parte inferiore di ogni oscillazione. Con oscillazioni più ampie, si va più veloci e si subisce una maggiore resistenza dell'aria nella fase centrale. Quando si oscilla di circa 20 gradi, si perde più energia per via della resistenza di quanta se ne guadagna spingendosi. Di fatto un'altalena di 2,5 metri può portarci più in alto di una di 9 metri!



In giro ci sono delle altalene belle grandi. Al Moses Mabhida Stadium di Durban, in Sudafrica, i visitatori possono raggiungere una passerella in alto sopra il campo e lanciarsi legati a una corda di 60 metri appesa alle strutture sulla volta dello stadio. Ma a simili velocità la resistenza dell'aria ha un effetto significativo: quando una persona raggiunge il punto più basso, ha perso la maggior parte dello slancio e così non risale molto dall'altra parte. Darsi la spinta con i piedi non è d'aiuto; l'altalena è così alta che non ha praticamente alcun effetto.



Un'altalena gigante può essere divertente, ma non ti aiuterà ad avvicinarti allo spazio. Utilizzando i valori di una persona media, l'altalena ideale per raggiungere la massima altezza risulta di 3-4 metri, proprio come una grande altalena da parco giochi.

ECCOLA, L'ALTALENA OTTIMALE  
DAL PUNTO DI VISTA MATEMATICO!



Ancora una volta, i bambini hanno capito tutto.



## 18. CATAPULTE PER AEREI DI LINEA

D

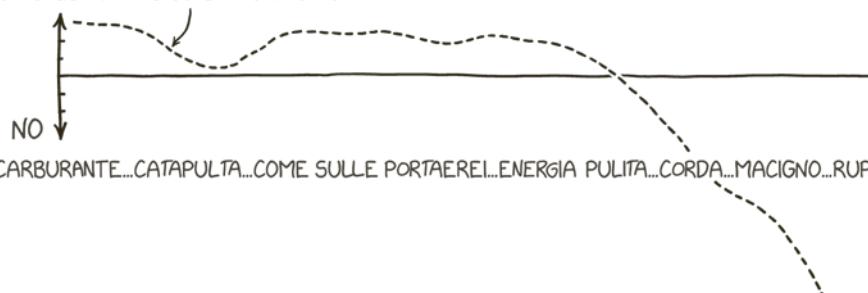
Una mia amica è pilota di aerei di linea, e mi ha spiegato che al decollo si consuma una quantità enorme di carburante. Per risparmiare, perché non lanciamo gli aeroplani con sistemi a catapulta come sulle portaerei (calibrati per un'accelerazione adatta a persone normali)?

Si risparmierebbero quantità significative di combustibili fossili se le catapulte venissero alimentate con qualche energia pulita? Immagino una corda con un'estremità fissata a un aereo e l'altra a un grosso macigno sul ciglio di una rupe. Basta spingere di sotto il macigno!

**Brady Barkey, Seattle, Washington**

**Mi piace come questa domanda** inizia con un tono razionale e futuristico e finisce con macigni e corde.

FUTURISTICO QUESTA DOMANDA



È vero che gli aerei di linea consumano carburante più velocemente mentre decollano, ma il decollo è breve. Un piccolo aereo di linea come l'Airbus A320 può bruciare appena 50 o 100 litri di carburante mentre accelera lungo la pista fino a raggiungere la velocità di decollo, rispetto alle varie migliaia di litri durante il resto del volo.

L'aereo continua a consumare carburante rapidamente durante l'ascesa fino alla quota di crociera, il che richiede un bel po' più di tempo rispetto all'accelerazione lungo la pista. Questo carburante non è poco; per un A320 può essere qualche migliaio di litri. Una catapulta, però, può essere d'aiuto solo a terra. Se potesse continuare a essere d'aiuto durante l'ascesa, non sarebbe una catapulta, sarebbe una scala mobile.

Si potrebbe usare la catapulta per guadagnare velocità extra ancora a terra. Quando un aereo di linea decolla, di solito viaggia a meno di metà della sua velocità di crociera. Usare una catapulta per guadagnare più velocità vicino al suolo significherebbe bruciare meno carburante per prendere velocità durante la salita.

Ci sono due problemi.<sup>1</sup> Il primo è che la resistenza dell'aria densa vicina alla superficie farà perdere parte di questa velocità prima di poter salire nelle zone superiori dell'atmosfera.



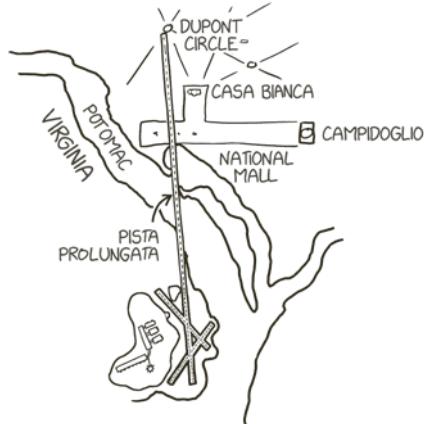
Il secondo problema, più serio, riguarda l'occupazione di suolo pubblico.

Gli aerei di linea normalmente accelerano in avanti a circa 0,2 g o 0,3 g durante il decollo e quindi in genere hanno bisogno di una pista lunga almeno un chilometro e mezzo per decollare. Se sei disposto ad arrivare fino a 0,5 g, simile all'accelerazione che senti- resti in un'auto potente con il pedale dell'acceleratore premuto fino in fondo, in teoria potresti riuscirci con appena 800 metri circa. Ma se vuoi accelerare fino a quasi la piena

<sup>1</sup> Almeno due.

velocità di crociera prima di decollare, dandoti uno slancio sufficiente per uscire dalla parte più densa dell'atmosfera, avrai bisogno di una pista *nove volte più lunga*. Persino senza lasciare alcun margine di sicurezza, ciò significa una pista lunga 7,5 chilometri.

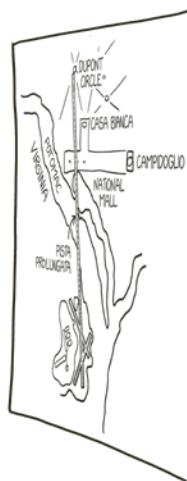
Ecco come sarebbe l'aeroporto di Washington se estendessimo la sua pista principale fino a questa lunghezza:



La pista attraverserebbe il National Mall tra il monumento a Lincoln e quello a Washington – scansando di poco quelli dedicati a Roosevelt e alla seconda guerra mondiale – e poi proseguirebbe attraverso la città, finendo in qualche punto dalle parti di Dupont Circle.

NON POTEVI FARLA VERSO SUD, PER EVITARE DI DEMOLIRE MEZZA CITTÀ?

LA MAPPA CHE AVEVO  
NON ARRIVAVA PIÙ GIÙ  
E NON MI ANDAVA DI  
COMPRARNE UN'ALTRA

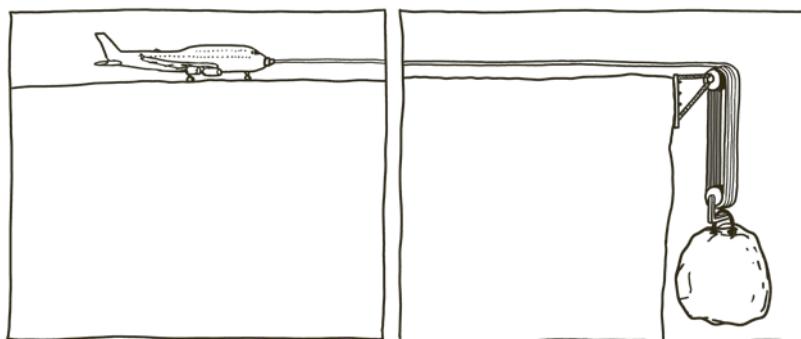


A dirla tutta, l'idea di lanciare con una catapulta gli aerei passeggeri non è del tutto ridicola. Il risparmio di carburante non sarà un gran che, ma permetterebbe ad aerei più grandi di decollare da piste più corte. E i lanci sarebbero anche più silenziosi; il rumore è un problema eterno per gli aeroporti urbani.

Ci sono state alcune proposte serie di catapulte per aerei di linea. Nel 1937 la NACA – quella che poi sarebbe diventata la NASA – studiò le catapulte terrestri per aiutare aerei passeggeri giganteschi a decollare senza bisogno di piste assurdamente lunghe.<sup>2</sup> Nel 2012 la Airbus ha pubblicato delle elaborazioni visive di come potrebbe essere l'aviazione nel 2050. Queste ipotesi includevano un sistema di lancio simile a una catapulta, che hanno chiamato Eco-climb.

Ma al di fuori di qualche occasionale progetto sperimentale, le catapulte sono state limitate a situazioni specializzate, come i lanci dalle portaerei, in cui gli aerei devono accelerare in poco tempo per decollare da piste molto corte. Poiché i potenziali risparmi di carburante sono piuttosto ridotti rispetto alle spese e altre difficoltà, sembra probabile che le cose rimarranno così.

Se ti ostini a voler comunque costruire il tuo sistema, con tanto di rupe e macigno, ecco qualche conto: per accelerare un aereo di linea da 200 tonnellate a più di 600 chilometri orari, ti servirebbe un contrappeso con una massa immensa oppure una rupe altissima. Un peso enorme, di 1000 tonnellate, dovrebbe cadere dall'altezza di un grattacielo particolarmente alto.



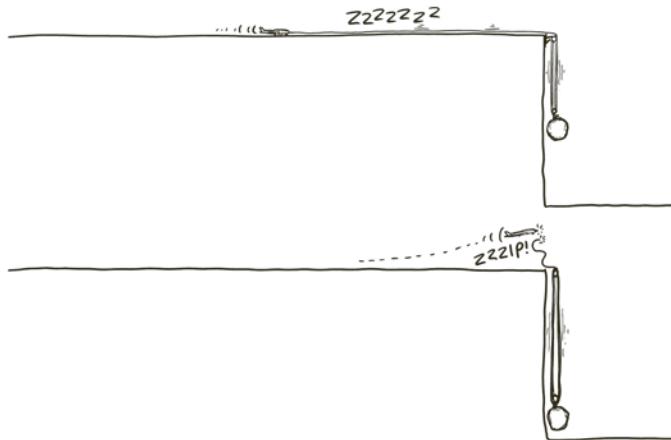
<sup>2</sup> Naturalmente, per la gente del 1937 gli aerei “giganteschi” portavano quaranta persone e le piste “assurdamente lunghe” che immaginavano erano di poco più di un chilometro, niente in confronto alle piste lunghe vari chilometri a cui siamo arrivati adesso.

VAI!

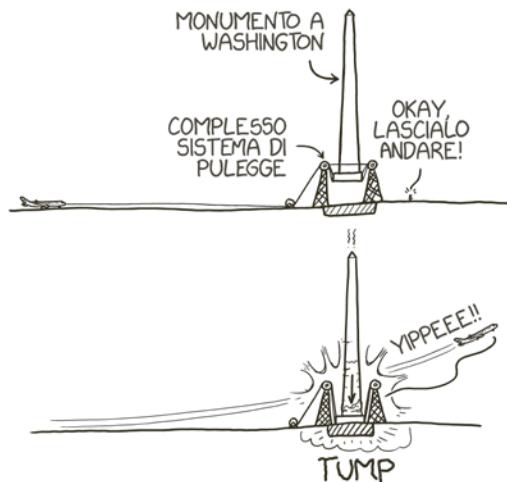
OK, LASCIO!

18. CATAPULTE PER AEREI DI LINEA

87



Se usi qualcosa di più pesante, non c'è bisogno di farlo cadere così dall'alto. Ora, non voglio farti venire delle idee strane ma, per la cronaca, la parte fuori dal suolo del monumento a Washington pesa circa 80.000 tonnellate. A un oggetto di 80.000 tonnellate basterebbe una breve distanza per accelerare un aereo di linea fino alla velocità di decollo.



Dico tanto per dire.

#2

# risposte brevi

D

Billy il Pagliaccio sta finendo i soldi e quindi, per guadagnare qualcosa, ha messo a punto un nuovo numero: gonfia con la bocca un normale palloncino finché il materiale di cui è fatto (una gomma indistruttibile) ha uno spessore di appena un atomo. Quanto sarebbe grande il palloncino gonfio?

**Alan Fong**

MI CHIEDO PROPRIO PERCHÉ  
BILLY STIA FINENDO I SOLDI.



**D**

Quanti soffiatori per foglie ci vorrebbero per far muovere un SUV medio?

**Ashley H.**

**Su un terreno pianeggiante, con** il veicolo in folle, probabilmente basterebbe una ventina di soffiatori di foglie industriali, ma ne servirebbero molti di più per accelerare abbastanza da non farsi suonare da quelli che stanno dietro.

**D**

Se prendessi un aspiratore potentissimo e lo puntassi contro una normale berlina BMW, cosa accadrebbe?

**Anonimo**

MA CHI È QUELLO? È TUTTA LA MATTINA CHE STA LÌ.

| EHI! CHE STAI FACENDO?  
SARÀ IL CASO  
DI CHIAMARE  
QUALCUNO?

BZZZZZZZ



**D**

In una tiepida serata estiva, se si sta all'aperto con una luce accesa, si può essere certi che gli insetti saranno attratti dalla luce. Ma allora perché di giorno gli stessi insetti non volano verso la lampada più forte di tutte, cioè il Sole?

**Anonimo**

**La domanda sul perché le** falene e altri insetti volano verso le lampade è un problema aperto in entomologia, ma la domanda sul perché non volano tutti verso il Sole ha una risposta molto più semplice:

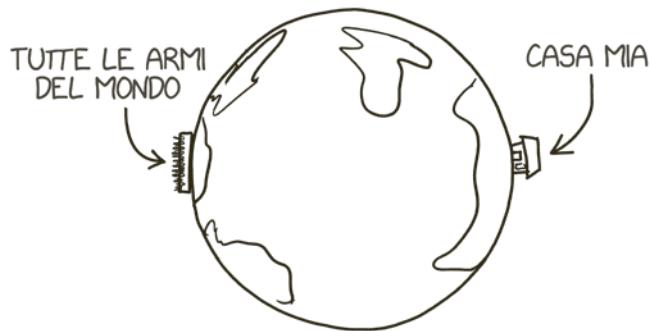


**D**

Se radunassimo tutte le armi da fuoco del mondo, le mettessimo da una parte della Terra e poi sparassimo con tutte simultaneamente, la Terra si muoverebbe?

**Nathan**

**No, ma secondo la mia** opinione personale, se si riesce a farle rimanere lì, l'altra parte della Terra sarebbe un posto più bello in cui vivere.

**D**

Cosa accadrebbe se accendessi un microonde con dentro un microonde più piccolo, anch'esso acceso?

**Michael**

**Non saresti più il benvenuto** in quell'IKEA.



D

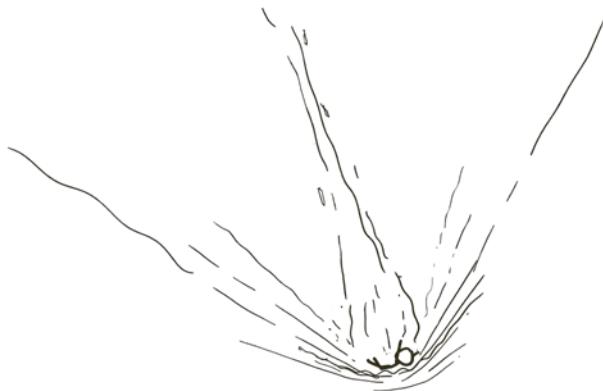
Se salto su un trampolino, a che velocità dovrei andare per:

- A. Rompermi tutte le ossa del corpo all'impatto,
- B. Far sì che il corpo passi attraverso i forellini del telo?

**Micah Lane**

**A: Rompere tutte le ossa** del corpo è difficile, perché molte sono delle dimensioni di un sassolino e si trovano a fondo all'interno di strutture corporee più grandi. Non so di preciso a che velocità dovresti andare per romperle tutte, ma sarebbe sicuramente tale che il trampolino non farebbe una grande differenza.

**B: Sono lieto di riferire** che questo non può accadere.



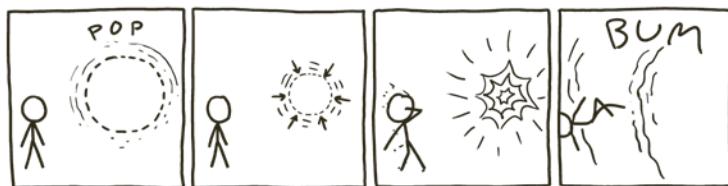
**D**

Ho una Nullobombaamano™. Quando esplode viene sostituita istantaneamente da una sfera di vuoto perfetto di 2 metri di diametro. Cosa accadrebbe di preciso quando si attiva?

**Dave H.**

**La sfera di vuoto collasserebbe**, provocando al centro un urto tanto intenso che si riscalderebbe rapidamente e potrebbe persino trasformarsi per un momento in plasma. L'energia si irradierebbe verso l'esterno sia sotto forma di un impulso di calore sia di un'onda d'urto, in grado di provocare lesioni gravi o mortali e di distruggere piccole strutture.

In altre parole, quella che hai è una normale bomba a mano.

**D**

Lo spazio è caldo o freddo?

**Isaac**

**In base alla definizione classica** di temperatura, lo spazio è caldo, almeno qui nel sistema solare. Le singole molecole nello spazio si muovono a velocità elevata, il che significa che ognuna ha molta energia e la temperatura è definita in genere come energia cinetica media delle molecole di una sostanza. Ma nello spazio ci sono così poche molecole che, anche se ognuna ha molta energia, la quantità totale di energia termica è piccola, il che significa che non riscalda molto le cose. Potrebbe essere caldo in teoria, ma in pratica fa freddo.



Lo spazio sarà caldo, ma è il posto più caldo in cui è possibile morire assiderati.

**D** Quante ossa è possibile togliere da un corpo umano pur permettendogli di continuare a vivere? Chiedo per un amico.

**Chris Rakeman**

**Non credo che questa persona** sia davvero tua amica.

**D** Cosa accadrebbe se sottoponessi un essere umano a un'accelerazione di 417 g per 20 secondi?

**Nythil**

**Ti arresterebbero per omicidio.**

**D**

C'è un posto o una situazione in cui sarebbe possibile commettere un omicidio e non essere incriminato?

**Kunal Dhawan**

**C'è un famoso articolo del** professore di diritto Brian C. Kalt che sostiene che esiste un'area di 130 chilometri quadrati del Parco nazionale di Yellowstone in cui sarebbe possibile commettere reati impunemente. La Costituzione degli Stati Uniti dà regole chiare su come vadano formate le giurie per i processi, ma a causa di un errore nel tracciare i confini dei distretti, per perseguire un reato in quest'area servirebbe una giuria proveniente da una zona con una popolazione pari a zero.

Ma aspetta prima di metterti a fare il serial killer. Ho chiesto a un procuratore federale che ne pensa della "scappatoia di Yellowstone". Ha riso, dopo di che mi ha detto che se qualcuno cercasse di approfittarne sarebbe senz'altro perseguito. Ho esposto le argomentazioni del professor Kalt e il procuratore ha risposto, testuali parole: "I professori di diritto dicono un sacco di cose."

SEI SICURO CHE L'OMICIDIO  
SIA ILLEGALE? PERCHÉ SECONDO  
QUESTO CAVILLO A PAGINA 8 DI...



**D**

Oggi ho letto che gli insetti contribuiscono per almeno 57 miliardi di dollari all'anno all'economia statunitense. Se pagassimo a ogni singolo insetto degli Stati Uniti la stessa cifra per il loro contributo economico, quanto riscuoterebbe ogni insetto?

**Hannah McDonald**

**Le stime dei valori economici** sono complicate e dipendono molto dalle definizioni, ma ai fini di questa domanda ammettiamo per ipotesi che questo valore sia 57 miliardi di dollari. Alcuni di quegli insetti probabilmente si impegnano molto più degli altri – personalmente, credo che le formiche facciano un sacco di lavoro – ma immaginiamo di pagare ogni insetto allo stesso modo.

Quanti insetti ci sono? Negli anni novanta Jan Weaver e Sarah Heyman dell'Università del Missouri hanno condotto un'indagine in cui hanno rilevato circa 2500 insetti per metro quadrato nelle foreste di Ozark del Missouri. In altre ricerche sono stati rilevati numeri più alti, o perché sono stati studiati tipi diversi di foresta, o perché si è scavato più a fondo nel terreno, oppure perché è stato possibile contare insetti più piccoli. Ma queste indagini si svolgono in genere in aree relativamente ricche e quindi la media nazionale potrebbe essere molto inferiore a quella relativa ai resti di foglie sul suolo di una foresta. Se prendiamo questa cifra come stima indicativa della media nazionale, vorrebbe dire che negli Stati Uniti ci sono circa 20 milioni di miliardi di insetti.

Se dividiamo quei 57 miliardi di dollari tra 20 milioni di miliardi di insetti, ognuno riceverà 0,0000029 dollari, cioè circa un centesimo ogni 3500 insetti. Per coincidenza, il peso medio di un insetto in quello studio era di poco inferiore a 1 milligrammo e quindi quei 3500 insetti peserebbero all'incirca quanto il centesimo che riceverebbero.



In base alle proporzioni trovate nello studio di Weaver e Heyman, il denaro sarebbe suddiviso come segue:

- **18 miliardi di dollari** a mosche e zanzare
- **16 miliardi di dollari** ad api, vespe e formiche
- **10 miliardi di dollari** agli scarafaggi
- **7 miliardi di dollari** ai tisanotteri, minuscoli insetti che bevono liquidi dalle piante
- **1 miliardo di dollari** a farfalle e falene
- **1 miliardo di dollari** alle cimici
- **4 miliardi di dollari** divisi tra gli altri

Niente male! Ma per la cronaca, se mai dovessi essere io il responsabile di questo bilancio, la prima cosa che farei è tagliare i finanziamenti alle zanzare.

**D**

Nel mondo di oggi e in quello di ieri, che cosa significa essere umani, in tutti gli aspetti sociali e biologici?

**Seth Carrol**

**Forse questa domanda la volevi** mandare a *Perché accadrebbe se?*



# Perché accadrebbe se?

RISPOSTE ESTREMAMENTE SGGRAMMATICATE  
*a domande filosofiche senza risposta*

## 19. APOCALISSE DINOSAURESCA LENTA

# D

Cosa accadrebbe se un oggetto come il meteorite di Chicxulub colpisce la Terra con una velocità relativamente bassa, come 5 km/h?

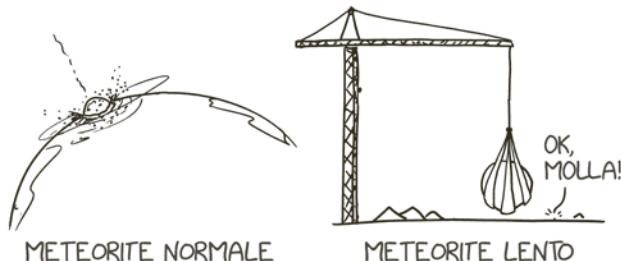
**Beni von Alemann**

**Non provocherebbe un'estinzione di massa**, ma la cosa non sarebbe di grande conforto per chiunque si trovasse vicino al punto in cui impatta.

Sessantasei milioni di anni fa<sup>1</sup> un enorme sasso proveniente dallo spazio colpì la Terra vicino all'attuale città di Mérida, in Messico. Questo impatto portò all'estinzione della maggior parte dei dinosauri.

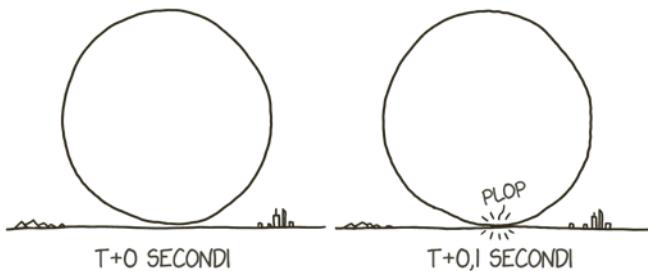
Qualsiasi cosa che proviene dallo spazio e colpisce la Terra va velocissima nel momento in cui raggiunge il suolo. Anche se un oggetto si muove lentamente quando incontra la Terra, la caduta nel pozzo gravitazionale del pianeta lo accelera almeno fino alla velocità di fuga. Questa velocità fornisce agli oggetti un'enorme energia cinetica, motivo per cui le meteore delle dimensioni di un sassolino bruciano con tanta luminosità e per cui le rocce più grandi possono perforare la crosta e lasciare enormi crateri.

Un meteorite lento sarebbe diverso. Poniamo di averne calato uno con cura fino a che non sta 12 centimetri sopra la superficie, per poi lasciarlo andare.

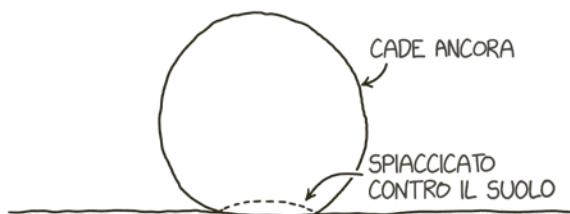


<sup>1</sup> Dati del 2022.

Il meteorite comincerebbe a cadere, come qualsiasi altro oggetto. Dopo un decimo di secondo entrerebbe in contatto con il suolo.



Quando il fondo del meteorite ha toccato il suolo, si stava muovendo a circa 5 chilometri all'ora, meno di un millesimo della velocità del vero meteorite che sterminò i dinosauri. La parte inferiore del meteorite si fermerà contro il suolo, ma i 10 chilometri sopra di essa continuerebbero a cadere.



La maggior parte delle comete e degli asteroidi non è molto robusta. Immaginavamo gli asteroidi come rocce solide a forma di patata e punteggiate di crateri. È vero che alcuni hanno questo aspetto, ma adesso che ne abbiamo esaminati vari con sonde robotiche sappiamo che tanti sono più simili a un ammasso di ghiaia tenuto insieme dalla gravità e dal gelo. Sembrano più castelli di sabbia che macigni.

Se cercate su Google “world’s biggest ball of sand” (“la palla di sabbia più grande del mondo”), non troverete molto,<sup>2</sup> perché è difficile creare una palla di sabbia più grande di una palla da softball (una decina di centimetri di diametro). Anche se provate a usare

<sup>2</sup> Questo era vero quando l'ho scritto, ma probabilmente sarà cambiato quando lo leggerete. Se siete arrivati a questo libro cercando su Google quelle parole e non sapevate perché fosse in cima ai risultati, be', ora avete risolto il mistero!

sabbia con la giusta quantità d'acqua e a comprimerla con molta attenzione, scoprirete che palle di sabbia più grandi di così non sostengono il proprio peso. La stessa cosa che succede a una palla di sabbia accadrebbe all'oggetto che impatta contro la Terra.



“Liquefazione del terreno” è un’espressione che non suona molto interessante, ma ha un significato tremendo. In certe situazioni, come per esempio i terremoti, il suolo può fluire come un liquido, il che è parecchio allarmante per chi ci vive sopra. Il materiale nell’oggetto che impatta subirebbe questa stessa trasformazione, fluendo verso l’esterno, sulla superficie, in una frana onnidirezionale di liquefazione supersonica del terreno.<sup>3</sup>

Nei successivi 45 secondi, il meteorite si trasformerebbe da una palla che cade a un disco che si espande.



La frana si estenderebbe per chilometri. Gli studi sulle grandi frane sulla Terra e su altri corpi del sistema solare mostrano che l’area coperta da una frana dipende principalmente dal volume originale totale di materiale e non dai dettagli esatti di come si è depositato. Questo ci dice che la nostra frana si estenderebbe per circa 50 o 60 chilometri dal punto di contatto originale, e forse un po’ di più, poiché avrebbe una velocità maggiore rispetto alla maggior parte delle frane. Se succedesse nello stesso posto dell’impatto di Chicxulub, probabilmente coprirebbe la gran parte dell’area del cratere originale.

<sup>3</sup> Ho cercato in diversi archivi di articoli di ricerca l’espressione “liquefazione supersonica del terreno” e, con mia gran delusione, non ho trovato risultati. Forse c’è qualcuno, chissà dove, che sta lavorando a una domanda di fondi di ricerca in proposito.



Il sito dell'impatto di Chicxulub si trova lungo la costa e quindi buona parte dei detriti del nostro meteorite fluirebbero nell'oceano. Come l'impatto originale di 66 milioni di anni fa, anche questo sposterebbe un'enorme quantità di acqua di mare.

L'impatto del Cretaceo provocò uno tsunami che attraversò il golfo del Messico e percorse molti chilometri nell'entroterra. L'evento scosse l'intera Terra con tanta energia da smuovere l'acqua in tutto il pianeta, creando onde simili a tsunami in laghi che non erano neppure collegati al golfo del Messico.



Lo sconvolgimento provocato dal nostro impatto non sarebbe grave quanto quello del Cretaceo, perché il nostro oggetto sarebbe molto più lento. Il nostro impatto sarebbe equivalente a un terremoto di magnitudo 7, rispetto alla magnitudo 10+ di quello del Cretaceo, e anche il nostro tsunami sarebbe più modesto.

Non correte però verso la costa del golfo del Messico per ammirare lo spettacolo; l'onda potrebbe non essere *molto* più piccola. La maggior parte dell'energia

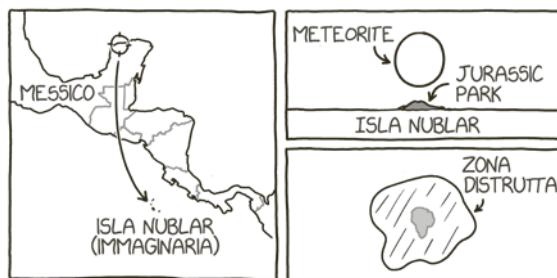
dell'impatto del Cretaceo fu dissipata nella creazione del cratere e solo una percentuale relativamente piccola provocò uno tsunami. Versare molto materiale nell'oceano – invece di vaporizzare un buco nell'acqua e poi farlo riempire – può essere un modo più efficiente per generare onde: quindi il nostro tsunami potrebbe raggiungere una certa distanza nell'entroterra.

Chi vive dall'altra parte del mondo, per esempio a Giacarta o a Perth, e lontano dalle rive durante la breve inondazione costiera, non noterebbe molto altro. A differenza di 66 milioni di anni fa, non ci sarebbero tempeste di fuoco globali dovute ai detriti espulsi che rientrano nell'atmosfera. Non si innescherebbero eruzioni vulcaniche. Ci sarebbe un po' di polvere in aria, ma non ci sarebbe il raffreddamento globale dovuto agli aerosol vulcanici.

Il lento impatto non provocherebbe un'estinzione di massa, ma potrebbe comunque causare un'estinzione.

Isla Nublar, la località immaginaria in cui si svolge *Jurassic Park*, si trova al largo della costa sudoccidentale della Costa Rica. La dimensione dell'isola non è specificata nel film originale, ma viene detto che John Hammond ha installato “50 miglia di recinzione”, cioè circa 80 chilometri, il che significa che il parco ha un'area di meno di 500 chilometri quadrati.

Se gli esseri umani avessero davvero clonato i dinosauri e se il luogo dell'impatto fosse spostato di circa 1500 chilometri a sud...



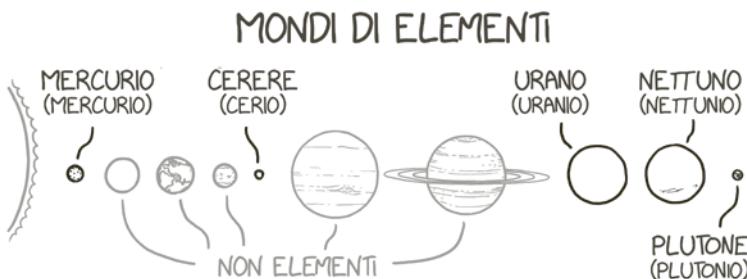
... potrebbe provocare un'estinzione di dinosauri.

## 20. MONDI DI ELEMENTI

D

Cosa accadrebbe se Mercurio (il pianeta) fosse fatto interamente di mercurio (l'elemento)?  
E se Cerere fosse fatto di cerio?  
Urano di uranio? Nettuno di nettunio?  
E se Plutone fosse fatto di plutonio?

**Anonimo**



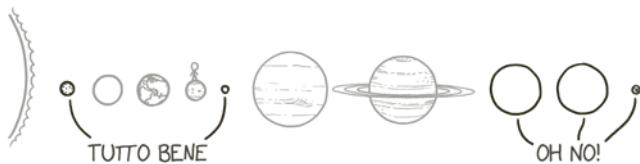
**Ci sono cinque grandi mondi** che condividono i nomi con altrettanti elementi: i pianeti Mercurio, Urano e Nettuno e i pianeti nani Cerere e Plutone.

Dal nostro punto di vista qui sulla Terra, Mercurio e Cerere non cambierebbero molto. Mercurio acquisirebbe un peso più che doppio e sarebbe circa cinque volte più luminoso, grazie alla sua nuova superficie semiliquida lucida. Cerere diventerebbe tre volte più pesante e quasi dieci volte più luminoso, tanto da poterlo vedere a occhio nudo in una notte buia.

Purtroppo sono le notti buie che diventerebbero difficili da trovare, per via degli altri tre pianeti.



I cambiamenti negli altri tre mondi con nomi di elementi – Urano, Nettuno e Plutone – sarebbero un po' più clamorosi.



L'uranio, il plutonio e il nettunio sono radioattivi, e quindi questi pianeti genererebbero molto calore. Se Plutone fosse fatto di plutonio-244, l'isotopo più stabile, la sua superficie diventerebbe tanto calda da brillare del colore arancione-rossastro di un falò, il che lo renderebbe luminoso a sufficienza per essere visibile dalla Terra a occhio nudo, anche se solo poche volte all'anno, grazie alle altre due nuove aggiunte al sistema solare.

L'isotopo più comune e stabile dell'uranio è  $^{238}\text{U}$ , che decade molto lentamente nel corso di miliardi di anni. Un campione di  $^{238}\text{U}$  non sarebbe caldo al tatto: si potrebbe manipolare senza alcun rischio di avvelenamento da radiazioni. Ma se se ne mette insieme una palla delle dimensioni di un pianeta, le piccole quantità di calore generate da ogni parte si sommerebbero portando il pianeta a migliaia di gradi.<sup>1</sup>

Può sembrare strano che un metallo che in piccole quantità è freddo al tatto sia tanto caldo se forma una palla enorme, ma è semplicemente una conseguenza delle dimensioni. Poiché il volume cresce più velocemente della superficie, gli oggetti più grandi producono più calore per unità di superficie, e quindi devono raggiungere una temperatura maggiore per irradiare questo calore. Gli oggetti grandissimi possono diventare estremamente caldi anche data una produzione di calore ridotta per unità di volume.

<sup>1</sup> Fahrenheit, centigradi, kelvin, vale in qualsiasi modo misurate la temperatura.

Anche il nucleo del Sole, dove si verifica la fusione nucleare, sarebbe abbastanza freddo se potessimo in qualche modo isolare un pezzo. Una tazza di materiale del nucleo solare<sup>2</sup> produce circa 60 milliwatt di energia termica. A parità di volume, è più o meno lo stesso tasso di generazione di calore del corpo di una lucertola e inferiore a quello di un essere umano. In un certo senso, ognuno di noi è più caldo del Sole, ma non c'è una grande quantità di noi.<sup>3</sup>



Il vero Urano, illuminato dalla luce solare riflessa, è troppo fioco perché si possa vedere a occhio nudo, ma con un po' di fortuna lo si può individuare con un binocolo. Il caldissimo Urano di uranio brillerebbe intensamente e sarebbe visibile nel cielo come una normale stella.

Il vero problema sarebbe Nettuno.

	PRIMA	DOPÒ
MERCURIO	VISIBILE	VISIBILE
CERERE	NON VISIBILE	VISIBILE
URANO	VISIBILE CON DIFFICOLTÀ	VISIBILE
NETTUNO	NON VISIBILE	ODDIO, <i>I MIEI OCCHI!</i>
PLUTONE	NON VISIBILE	VISIBILE

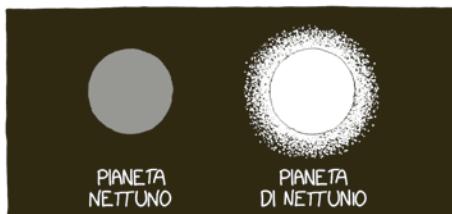
Il nettunio non è qualcosa che si incontra tutti i giorni. Anche l'uranio e il plutonio non sono proprio proprio *comuni*, ma sono abbastanza noti per via del loro ruolo nelle armi nucleari. Il nettunio, uno dei loro vicini nella tavola periodica, è significativamente meno noto.

<sup>2</sup> Se trovate una ricetta in cui serve, lasciatela stare.

<sup>3</sup> A meno che tu non sia una lucertola, nel qual caso: ciao e grazie per aver fatto due passi su questo libro! Spero che questa pagina sia stata lasciata aperta al sole e quindi sia bella calda.

Di tanto in tanto salta fuori. All'inizio del 2019 una scuola media nel Sud dell'Ohio dovette chiudere bruscamente a metà dell'anno scolastico. Perché? Contaminazione da nettunio. La scuola si trova a pochi chilometri dal Portsmouth Gaseous Diffusion Plant, sito di lavorazione del combustibile nucleare dismesso nel 2001. All'inizio del 2019 era stato rilevato che le centraline del dipartimento dell'energia di fronte alla scuola avevano riscontrato nell'aria un eccesso di nettunio, probabilmente sottoprodotto dello smaltimento delle scorie nell'impianto. Le autorità scolastiche chiusero immediatamente la scuola, che rimase chiusa per tutto l'anno successivo.<sup>4</sup>

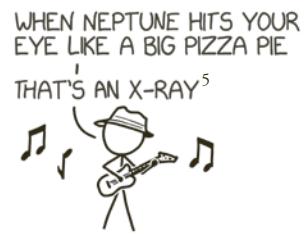
Il nettunio è altamente radioattivo. Già quantità microscopiche possono essere pericolose, ma di sicuro non ne vorremmo un intero pianeta. Se Nettuno fosse fatto di nettunio, produrrebbe *molto* più calore dei suoi vicini Urano e Plutone. Non solo diventerebbe tanto caldo da emettere luce, ma produrrebbe tanto calore che di fatto si vaporizzerebbe e formerebbe una densa atmosfera di nettunio gassoso.



Nettuno sarebbe luminoso come una stella di medie dimensioni. Non eclisserebbe il Sole – che è bello luminoso, tra le stelle – ma la superficie di Nettuno sarebbe più calda di quella del Sole, e quindi il suo colore sarebbe più azzurro.

Nettuno è molto più lontano da noi del Sole e quindi la sua luminosità apparente sarebbe ridotta, ma sarebbe comunque luminoso quanto la luna piena.

A differenza della Luna, Nettuno non seguirebbe cicli mensili. Dal momento che ci mette più di un secolo e mezzo per orbitare attorno al Sole, avrebbe più o meno lo stesso aspetto fra le stelle ogni notte per anni e anni.

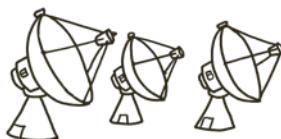


<sup>4</sup> Secondo il dipartimento dell'energia le indagini successive non hanno trovato tracce di contaminazione nella scuola, ma non tutti erano d'accordo e la scuola è rimasta chiusa mentre le indagini proseguivano.

<sup>5</sup> "Quando ti sembra che Nettuno sia un'enorme pizza, è una radiografia": parafrasi della canzone *That's Amore*, il cui testo dice: "When the moon hits your eye like a big pizza pie / That's amore." (N.d.T.)

Nel decennio in corso, Nettuno si vedrebbe in cielo per la maggior parte della notte da giugno a dicembre, facendo sbiadire le costellazioni dell'Acquario, dei Pesci e di Pegaso. Nel corso dei prossimi decenni, si sposterebbe pigramente in cielo attraverso l'Ariete e il Toro. La sua luce renderebbe Orione praticamente invisibile per vari decenni.

A parte alcune complicazioni astronomiche e astrologiche, probabilmente la vita sulla Terra continuerebbe senza troppi problemi. L'interno dei nuovi pianeti radioattivi si surriscalderebbe, ma non tanto da causare un rilascio catastrofico di energia attraverso la fissione. E la nostra atmosfera ci proteggerebbe da eventuali particelle anomale che raggiungessero la Terra dalla direzione dei Pesci.



La situazione sarebbe estremamente diversa se non usassimo isotopi stabili. Se Urano fosse composto da  $^{235}\text{U}$  invece che da  $^{238}\text{U}$ , sarebbe molto peggio. Qualsiasi mucchietto di  $^{235}\text{U}$  più grande di una palla da softball è sufficiente per subire la fissione. Su  $^{235}\text{Urano}$  partirebbe istantaneamente una reazione a catena incontrollata che trasformerebbe l'intero pianeta in una nuvola in espansione di particelle ad alta energia e raggi X. Poco meno di tre ore dopo, l'onda d'urto avrebbe raggiunto – e completamente cancellato – la Terra, strappandone la superficie e non lasciando altro che un blob fuso sospeso in cielo.

Qui c'è una morale: se potete scegliere tra vari isotopi e siete in dubbio, preferite quello più stabile.



## 21. UN GIORNO LUNGO UN SECONDO

D

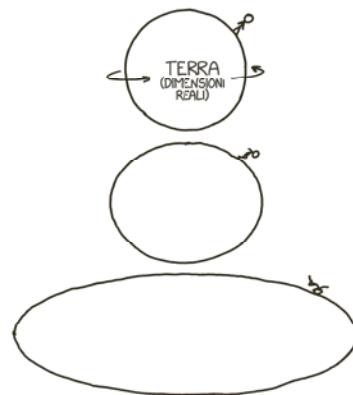
Cosa accadrebbe se la rotazione terrestre venisse accelerata al punto che un giorno dura solo un secondo?

Dylan

Sarebbe qualcosa di apocalittico, ma ci sarebbe un breve periodo, ogni due settimane, in cui le cose sarebbero persino *più* apocalittiche.

La Terra ruota,<sup>[senza fonte]</sup> il che significa che la sua sezione centrale viene spinta verso l'esterno dalla forza centrifuga. Questa forza centrifuga non è intensa a sufficienza da vincere la gravità e fare a pezzi la Terra, ma è sufficiente per appiattire leggermente il pianeta e far sì che ognuno di noi pesi quasi mezzo chilo in meno all'equatore rispetto ai poli.<sup>1</sup>

Se la Terra (e tutto ciò che c'è sopra) fosse improvvisamente accelerata in modo che un giorno durasse solo un secondo, il nostro pianeta non durerebbe nemmeno un giorno.<sup>2</sup> L'equatore si muoverebbe a più del 10% della velocità della luce. La forza centrifuga diventerebbe molto più intensa della gravità, e il materiale che costituisce la Terra verrebbe scagliato verso l'esterno.



<sup>1</sup> Ciò si deve a una combinazione di diversi fenomeni, tra cui la forza centrifuga, la forma appiattita della Terra e il fatto che in Nordamerica, quando uno va verso il polo, a un certo punto arriva in Canada e inizia a offrirgli *poutine*, a base di patate fritte, cagliata di formaggio e salsa gravy.

<sup>2</sup> Nessuno dei due tipi.

Non moriremmo all’istante: potremmo sopravvivere per qualche millisecondo o addirittura secondo. Non sembra un gran che, ma rispetto alla velocità a cui moriremmo in altri scenari di *Cosa accadrebbe se?* che coinvolgono velocità relativistiche, è un tempo bello lungo.

La crosta terrestre e il mantello si spezzerebbero in pezzi grandi quanto un edificio. Meno di un secondo<sup>3</sup> dopo, l’atmosfera si sarebbe dilatata fino a essere troppo rada per farci respirare; d’altronde persino ai poli, relativamente stazionari, probabilmente non sopravvivremmo abbastanza a lungo da fare in tempo a morire di asfissia.



Nei primi secondi, l’espansione frantumerebbe la crosta in frammenti rotanti e ucciderebbe quasi tutti sul pianeta, ma ciò è relativamente tranquillo rispetto a quello che accadrebbe dopo.

Tutto si muoverebbe a velocità relativistiche, ma ogni pezzo della crosta si muoverebbe quasi alla stessa velocità dei suoi vicini, quindi non ci sarebbero collisioni relativistiche immediate. Ciò significa che le cose sarebbero abbastanza calme... finché il disco non colpisce qualcosa.

Il primo ostacolo sarebbe la cintura di satelliti artificiali attorno alla Terra. Dopo 40 millisecondi, la Stazione spaziale internazionale (iss) sarebbe colpita dal bordo dell’atmosfera in espansione e vaporizzata istantaneamente. Seguirebbero altri satelliti. Dopo un secondo e mezzo, il disco raggiungerebbe la cintura dei satelliti geostazionari in orbita sopra l’equatore. Ognuno rilascerebbe una violenta esplosione di raggi gamma mentre la Terra lo consuma.



<sup>3</sup> Cioè: un giorno.

I detriti della Terra taglierebbero tutto ciò che incontrano allargandosi, come una sega circolare in espansione. Il disco impiegherebbe circa 10 secondi per superare la Luna, un'altra ora per estendersi oltre il Sole, e attraverserebbe il sistema solare nel giro di uno o due giorni. Ogni volta che il disco dovesse inghiottire un asteroide, spruzzerebbe un flusso di energia in tutte le direzioni, fino a sterilizzare ogni superficie del sistema solare.

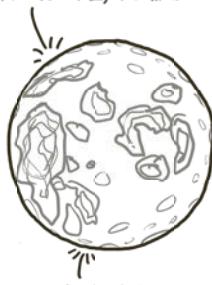
Poiché l'asse terrestre è inclinato, il Sole e i pianeti di solito non sono allineati con il piano dell'equatore terrestre, quindi avrebbero buone possibilità di evitare la sega circolare terrestre.

Tuttavia, ogni due settimane, la Luna attraversa il piano dell'equatore terrestre. Se Dylan accelerasse la Terra in questo momento, la Luna sarebbe proprio sulla traiettoria del disco in espansione.

L'impatto trasformerebbe la Luna in una cometa, che verrebbe scagliata fuori dal sistema solare su un'onda di detriti ad alta energia. Il lampo di luce e di calore sarebbe così luminoso che se ci trovassimo sulla superficie del Sole, ci sarebbe più luce sopra di noi che sotto. Ogni superficie del sistema solare – il ghiaccio di Europa, gli anelli di Saturno e la crosta rocciosa di Mercurio – verrebbe ripulita...

BUONANOTTE, STELLE.

BUONANOTTE, ARIA.



BUONANOTTE,  
RUMORI OVUNQUE.

... dalla luce lunare.

## 22. UN EDIFICO DI UN MILIARDO DI PIANI

D

Mia figlia, che ha 4 anni e mezzo, è sicura di volere un palazzo alto un miliardo di piani. Mi accorgo che non solo è complicato farle capire quanto sarebbe grande, ma non sono in grado di spiegare tutte le altre difficoltà che si incontrerebbero.

**Keira, tramite Steve Brodovicz, Media, Pennsylvania**

**Keira,**

se costruisci un edificio troppo grande, quello che c'è sopra è pesante e schiaccia quello che c'è sotto.

Hai mai provato a fare una torre di burro di arachidi? È facile farne una piccolissima, come un castello arrotondato su un cracker. È abbastanza resistente da tenersi in piedi. Ma se provi a costruire un castello molto grande, il tutto si appiattisce come una frittella.



*Nota per Keira: se il tuo papà ti dice di non costruire cose con il burro d'arachidi, non gli dare retta. Se si lamenta che sporchi il tavolo, porta di nascosto dei barattoli nella tua camera e costruisci lì la torre per terra. Hai il mio permesso.*

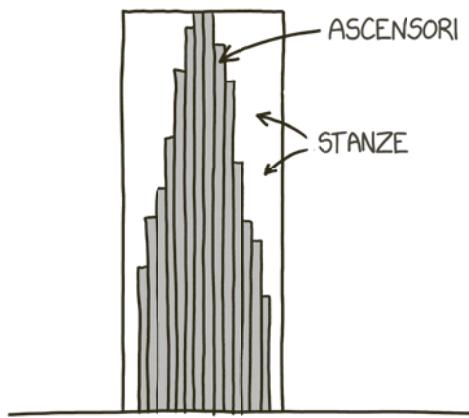
La stessa cosa che succede con il burro di arachidi succede con gli edifici. Gli edifici che costruiamo sono robusti, ma non possiamo realizzarne uno che arrivi fino allo spazio, altrimenti la parte in alto schiaccerebbe la parte in basso.

Riusciamo a costruire edifici belli alti. Quelli più alti arrivano quasi a 1 chilometro; probabilmente riusciremmo a costruire edifici alti 2 o anche 3 chilometri se volessimo, e sarebbero comunque in grado di reggere il proprio stesso peso. Più in alto di così potrebbe essere complicato.

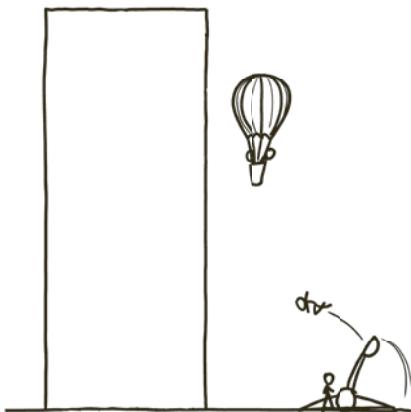
Ma oltre al peso un edificio molto alto avrebbe altri problemi.

Uno sarebbe il vento: in alta quota è molto forte e gli edifici devono essere molto robusti per resistere al vento.

Un ulteriore grosso problema sarebbero, sorprendentemente, gli ascensori. Gli edifici alti hanno bisogno di ascensori, perché nessuno vuole salire centinaia di piani a piedi. Se il tuo edificio ha molti piani, ti servono molti ascensori diversi, poiché ci sarebbero tantissime persone che cercano di salire e scendere allo stesso tempo. Se fai un edificio troppo alto, sarebbe occupato tutto dagli ascensori e non ci sarebbe spazio per le stanze.



Magari ti viene in mente un modo per portare la gente ai vari piani senza bisogno di troppi ascensori. Potresti provare con i piccioni, come nel capitolo 6. Potresti costruire un gigantesco ascensore alto dieci piani. Potresti costruire ascensori veloci simili a montagne russe. Potresti portare le persone nelle loro stanze con mongolfiere. Oppure lanciarle con le catapulte.

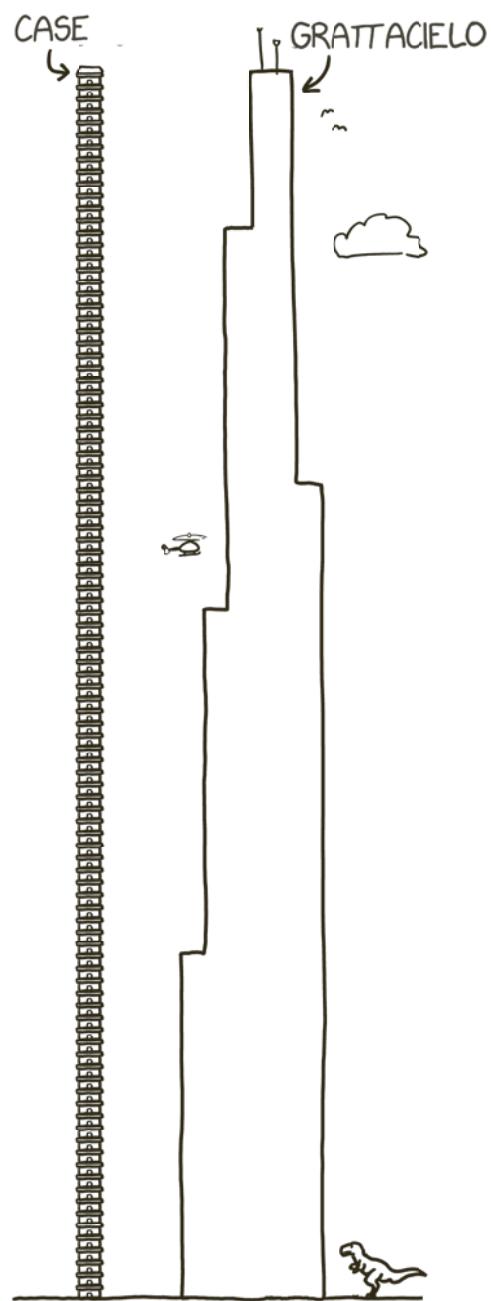


Gli ascensori e il vento sono grossi problemi, ma il problema più grosso sarebbero i soldi.

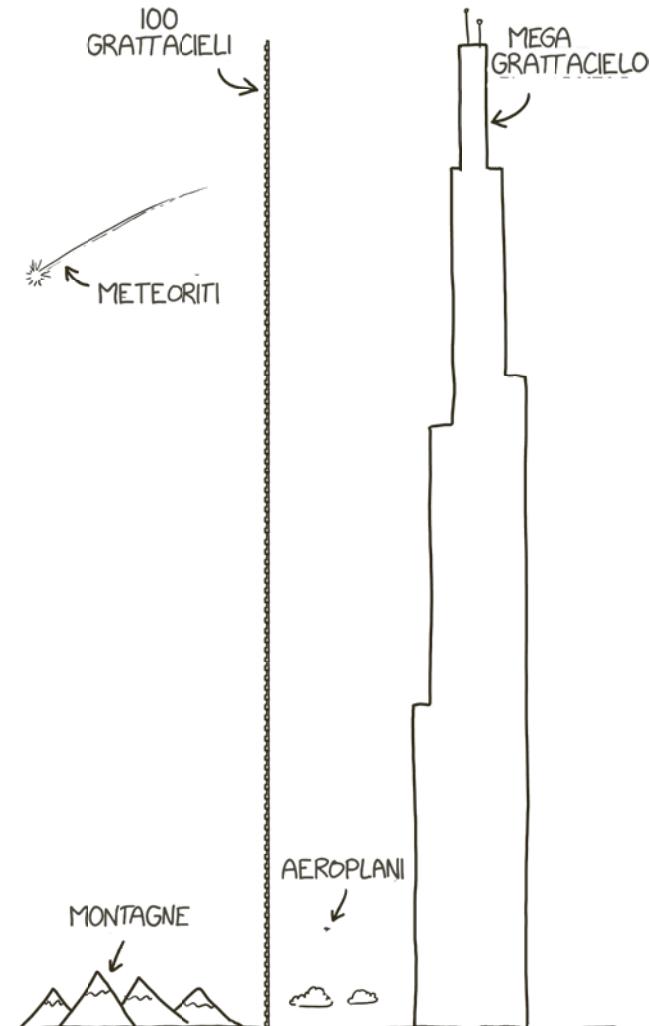
Per costruire un edificio altissimo, qualcuno deve spendere un sacco di soldi e nessuno è tanto interessato a un edificio altissimo da pagarla. Un palazzo alto molti chilometri costerebbe miliardi di dollari. Un miliardo di dollari è un sacco di soldi! Se tu avessi un miliardo di dollari, potresti comprare un'astronave, salvare tutti i lemuri del mondo in via di estinzione, dare un dollaro a ogni abitante degli Stati Uniti e te ne avanzerebbero ancora un po'. La maggior parte della gente non pensa che grattacieli giganti alti qualche chilometro siano abbastanza importanti da spenderci un sacco di soldi.

Se diventassi ricchissima, tanto da poter pagare tu personalmente una torre che arriva allo spazio, e risolvessi tutti i problemi tecnici, sarebbe lo stesso problematico costruire un palazzo alto un miliardo di piani. Un *miliardo* di piani sono veramente troppi.

Un grande grattacielo può avere circa cento piani, il che significa che è alto come cento casette.

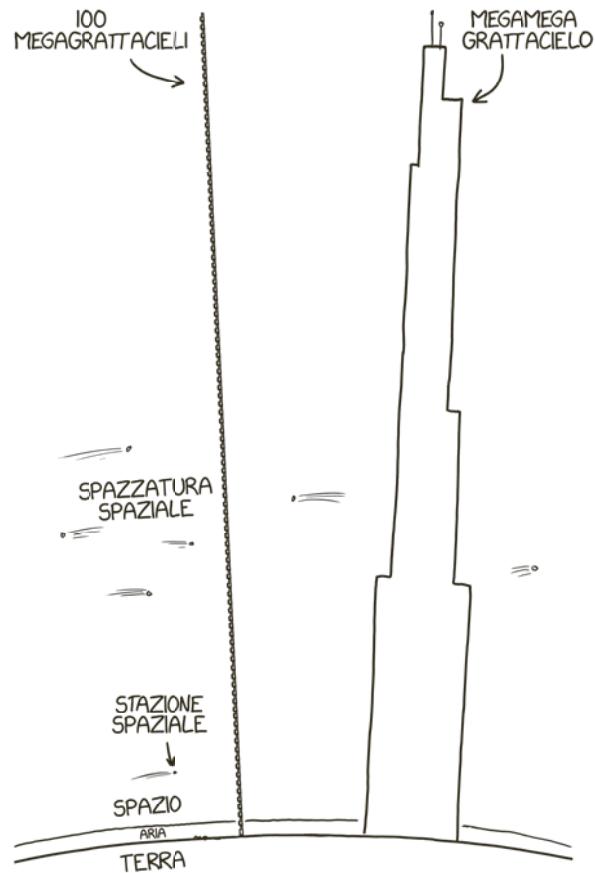


Se impilassimo 100 grattacieli uno sopra l'altro per creare un megagrattacielo, arriveremmo a metà strada tra noi e lo spazio:



Eppure questo grattacielo avrebbe solo 10.000 piani, che è molto meno del tuo miliardo di piani! Ognuno dei 100 grattacieli avrebbe 100 piani, e quindi l'intero megagrattacielo avrebbe  $100 \text{ per } 100 = 10.000$  piani.

Ma hai detto che volevi un grattacielo con 1.000.000.000 di piani. Impiliamo 100 megagrattacieli per fare un megamegagrattacielo:



Il megamegagrattacielo sporgerebbe così in alto rispetto alla Terra che le astronavi ci si schianterebbero contro. Se la Stazione spaziale stesse andando nella sua direzione, potrebbe usare i razzi per evitarlo.<sup>1</sup> La cattiva notizia è che lo spazio è pieno di astronavi e satelliti abbandonati e altri rottami, che volano tutti a caso. Se costruisci un megamegagrattacielo, prima o poi ci si schianterà contro qualche pezzo di astronave.

<sup>1</sup> Probabilmente non sarebbero contenti di dover schivare ripetutamente il tuo palazzo: tieniti pronta a lanciargli carburante e merendine da una finestra mentre passano.

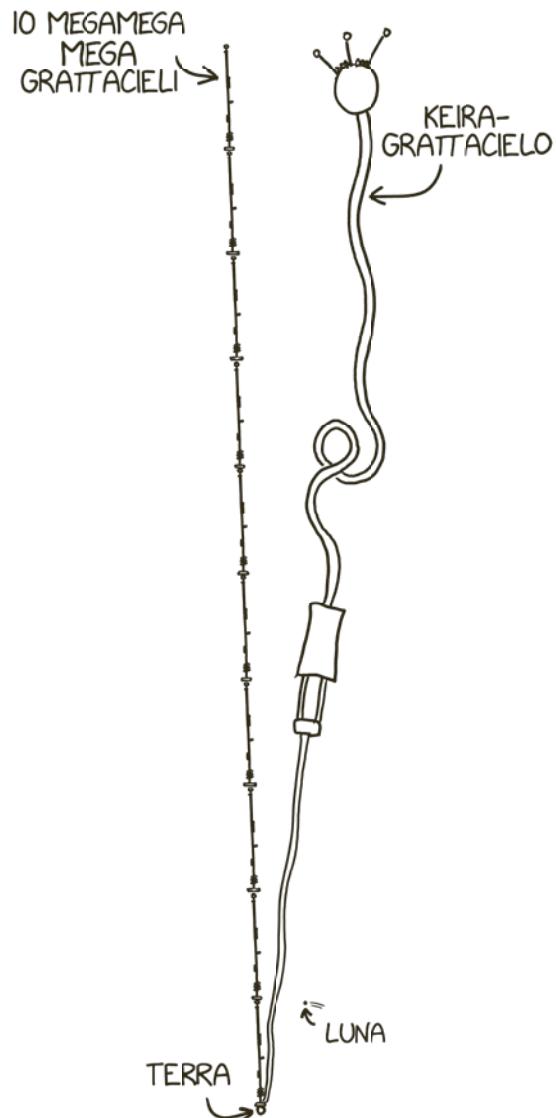
Comunque, un megamegagrattacielo ha soltanto  $100 \text{ per } 10.000 = 1.000.000$  di piani. È ancora molto più piccolo del  $1.000.000.000$  di piani che desideri!

Costruiamo un nuovo grattacielo impilando 100 megamegagrattacieli, per creare un megamegaMEGAgrattacielo:



Il megamegaMEGAGRATTACIELO sarebbe così alto che la cima quasi sfiorerebbe la Luna.

Ma avrebbe solo 100 milioni di piani! Per arrivare a un miliardo di piani, dobbiamo impilare 10 megamegaMEGAGRATTACIELI uno sopra l'altro, per creare un Keira-grattacielo:



Il Keira-grattacielo sarebbe quasi impossibile da costruire. Dovresti impedirgli di scontrarsi contro la Luna, di essere frantumato dalla gravità terrestre, e di cadere e schiantarsi contro il nostro pianeta come il gigantesco meteorite che uccise i dinosauri.

Ma alcuni ingegneri hanno un'idea un po' simile alla tua torre: si chiama ascensore spaziale. Non è *proprio* alto quanto il tuo (l'ascensore spaziale non arriverebbe neanche alla Luna), ma ci va vicino!

C'è chi pensa che sia possibile costruire un ascensore spaziale, mentre altri pensano che sia un'idea ridicola. Non è ancora possibile costruirne uno perché ci sono alcuni problemi che non sappiamo risolvere, tra cui il modo per rendere la costruzione abbastanza robusta e per farci arrivare la corrente in modo da far funzionare gli ascensori. Se vuoi davvero costruire un grattacielo gigantesco, puoi informarti su alcuni dei problemi su cui si sta lavorando e, chissà, diventare una delle persone che troveranno le idee per risolverli. Forse, un giorno, potresti *davvero* costruire una torre gigante che arriva allo spazio.

Però sono abbastanza sicuro che non sarà fatta di burro di arachidi.



### 23. LA CAUSA DA 2 UNDICILIONI DI DOLLARI

D

Che sarebbe successo se la Au Bon Pain avesse perso la causa del 2014 e avesse dovuto pagare 2 undicilioni di dollari al querelante?

**Kevin Underhill**

**Nel 2014 la catena di panifici-caffetterie Au Bon Pain** (insieme ad alcune altre organizzazioni) fu citata in giudizio da qualcuno che chiedeva un risarcimento di 2 undicilioni di dollari. La causa fu rapidamente respinta, ma probabilmente non prima che molta gente che si occupava di giurisprudenza dovesse cercare la parola "undicilione".

Ecco quanti soldi chiedeva il querelante:

\$2,000,000,000,000,000,000,000,000,000

Secondo un rapporto del Boston Consulting Group del 2021, questi sono tutti i soldi che esistono al mondo:



Questa è una stima approssimativa del valore economico di tutti i beni e servizi prodotti dall'umanità da quando siamo diventati *Homo sapiens*:



Anche se la Au Bon Pain conquistasse l'intero pianeta e facesse lavorare tutti quanti al suo servizio, da ora fino alla morte delle stelle, non scalfirebbe il suo debito.

Forse gli esseri umani semplicemente non valgono abbastanza. L'EPA, l'agenzia statunitense per l'ambiente, attualmente utilizza 9,7 milioni di dollari come "valore di una vita statistica", anche se sottolinea energicamente che questo non è assolutamente il valore che attribuisce a una vita umana reale.<sup>1</sup> In ogni caso, secondo questo dato il valore totale che attribuiamo a tutti gli esseri umani del mondo è di appena circa 75 milioni di miliardi di dollari<sup>2</sup>

Ma le persone sono solo una minima parte di ciò che c'è sul pianeta. Di tutti gli atomi della Terra, solo 1 su 10.000 miliardi fa parte di un essere umano. Forse quelle altre cose sono preziose.

La crosta terrestre contiene un mucchio di atomi,<sup>[senza fonte]</sup> alcuni dei quali probabilmente valgono qualcosa. Se estraessimo tutti gli elementi, li purificassimo<sup>3</sup> e li vendessimo, il mercato crollerebbe.<sup>4</sup> Ma se in qualche modo li potessimo vendere al loro attuale prezzo di mercato, varrebbero...

↓ PIÙ VICINO → \$1.600.000.000.000.000.000.000.000

Curiosamente questo valore non viene da materiali come l'oro e il platino. Valgono molto, ma sono rari. La maggior parte del valore deriva dal potassio e dal calcio e per il resto soprattutto dal sodio e dal ferro. Se avete intenzione di vendere la crosta terrestre a pezzi, vi conviene concentrarvi soprattutto su questi materiali.

Purtroppo, persino vendere tutta la crosta non ci avvicina ai numeri di cui abbiamo bisogno.

<sup>1</sup> Non posso fare a meno di notare che non dicono se secondo loro quest’altro valore sarebbe più alto o più basso.

<sup>2</sup> Tutte le riserve mondiali di petrolio messe insieme valgono solo poche centinaia di milioni di milioni, il che suggerisce che, già da un punto di vista puramente contabile, lo slogan “no blood for oil” ha molto senso.

<sup>3</sup> Questo è solo uno dei tanti motivi per cui questa idea non avrebbe senso all'atto pratico. Il motivo per cui molti elementi (come <sup>235</sup>U) sono preziosi è la difficoltà nell'estrarrli o purificarli, non solo la rarità.

<sup>4</sup> Sia nel senso che l'offerta provocherebbe un calo dei prezzi, sia nel senso che il mercato è localizzato 35 chilometri sopra il mantello e abbiamo appena rimosso la crosta che lo sostiene.

Possiamo includere anche il nucleo, che è composto da ferro e nichel con un pizzico di metalli preziosi, ma il risultato è che non aiuterebbe. La somma richiesta in quella causa era semplicemente troppo grande. Non basterebbe una Terra fatta di oro massiccio. Anzi, non basterebbe nemmeno il peso del Sole in platino.

L'oggetto più prezioso mai acquistato e venduto sul mercato, in rapporto al peso, è probabilmente il francobollo Treskilling giallo svedese. A quel che se ne sa, ne esiste un unico esemplare, che nel 2010 fu venduto per più di 2.300.000 dollari. Ciò equivale ad almeno 30 miliardi di dollari per chilogrammo di francobolli. Se il peso della Terra fosse interamente composto da francobolli, non sarebbe *comunque* sufficiente a ripagare il potenziale debito della Au Bon Pain.<sup>5</sup>

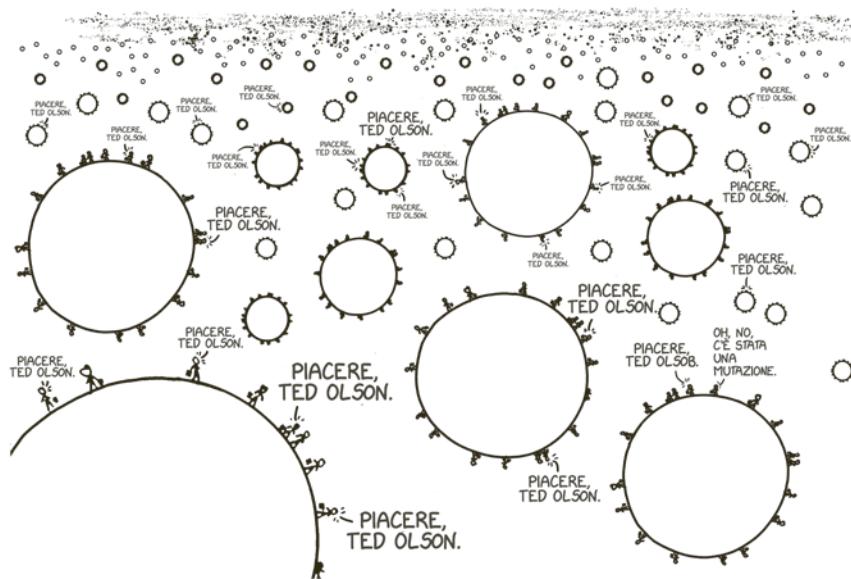
Se la Au Bon Pain e gli altri decidessero di fare i difficili e di pagare il debito interamente in monete da un centesimo, formerebbero una sfera che penetrerebbe nell'orbita di Mercurio. La morale è sempre che pagare questo risarcimento sarebbe, in quasi ogni senso della parola, impossibile.

Fortunatamente, la Au Bon Pain ha un'alternativa più vantaggiosa.

Kevin, che ha posto questa domanda, è avvocato e autore di un blog di umorismo legale, Lowering the Bar, che si è occupato del caso Au Bon Pain. Mi ha detto che l'avvocato più pagato al mondo, come tariffa oraria, è probabilmente l'ex procuratore generale Ted Olson, che a un certo punto ha rivelato in una dichiarazione di fallimento che il suo onorario è di 1800 dollari l'ora.

Supponiamo che nella nostra galassia ci siano 40 miliardi di pianeti abitabili, e ognuno di essi ospiti una popolazione analoga a quella della Terra di 8 miliardi di Ted Olson.

<sup>5</sup> Inoltre, i francobolli non avrebbero lo stesso valore se ce ne fosse letteralmente un intero pianeta, ma questo è l'ultimo dei problemi della Au Bon Pain.



Se mai vi citassero in giudizio per 2 undiciloni di dollari e voi assoldaste tutti i Ted Olson della galassia per difendervi e li faceste lavorare tutti 80 ore a settimana, 52 settimane all'anno, per *mille generazioni*...

... vi costerebbe *comunque* meno che perdere la causa.

## 24. DI CHI SONO LE STELLE

D

Se lo spazio aereo di ogni nazione del mondo si estendesse indefinitamente verso l'alto, quale paese possiederebbe la maggior percentuale della galassia momento per momento?

**Reuven Lazarus**

**Congratulazioni all'Australia, nuova dominatrice della galassia.**

La bandiera australiana riporta una serie di simboli, tra cui cinque stelle che rappresentano la costellazione della Croce del Sud. Considerando la risposta a questa domanda, forse quelli che progettano le bandiere laggiù dovrebbero pensare più in grande.

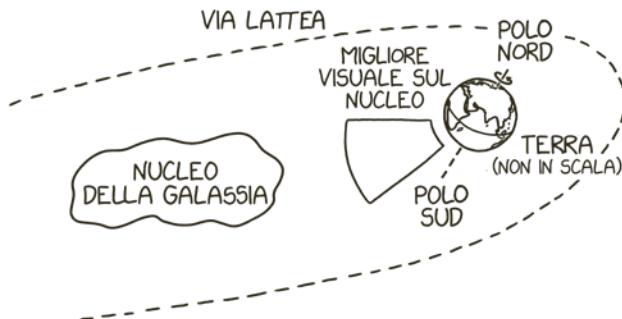
Le nazioni dell'emisfero australe hanno un vantaggio, quando parliamo di proprietà delle stelle. L'asse terrestre è inclinato rispetto alla Via Lattea; il nostro polo nord punta generalmente in direzione opposta al centro della galassia.



VECCHIA BANDIERA



PROPOSTA  
DI NUOVA BANDIERA

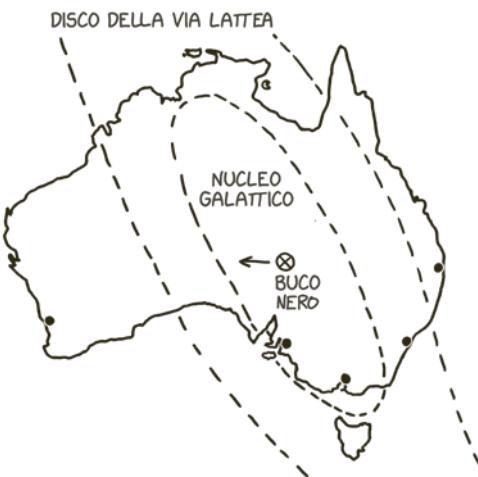


Se lo spazio aereo di ogni paese si estendesse all'infinito verso l'alto, il nucleo della galassia rimarrebbe sotto il controllo delle nazioni dell'emisfero australe, passando di mano nel corso di ogni giorno, per via della rotazione della Terra.

Nel momento migliore l'Australia controllerebbe più stelle di qualsiasi altro paese. Il buco nero supermassiccio al centro della galassia entrerebbe ogni giorno nello spazio aereo australiano a sud di Brisbane, vicino alla cittadina di Broadwater.



Dopo circa un'ora, quasi l'intero nucleo galattico, insieme a una parte significativa del disco, rientrerebbe nella giurisdizione dell'Australia.



In vari momenti della giornata il nucleo galattico passerebbe attraverso i domini del Sudafrica, del Lesotho, del Brasile, dell'Argentina e del Cile. Gli Stati Uniti, l'Europa e la maggior parte dell'Asia dovrebbero accontentarsi di sezioni esterne del disco galattico.

Questo non vuol dire però che l'emisfero settentrionale debba accontentarsi degli scarti. Il disco galattico esterno contiene alcune cose molto interessanti, come Cygnus X-1, un buco nero che attualmente sta divorando una stella supergigante.<sup>1</sup> Ogni giorno, mentre il nucleo della galassia attraversa il Pacifico, Cygnus X-1 entra nello spazio aereo degli Stati Uniti sopra la Carolina del Nord.

SIGNORE, CI È STATO SEGNALATO UN  
BUCO NERO CHE DIVORA UNA STELLA.

È 6000 ANNI LUCE SOPRA  
LA INTERSTATALE 295,  
DIRETTO VERSO OVEST.



MANDO SUBITO  
UN'AUTOPATTUGLIA.

Essere proprietari di un buco nero non è niente male, ma gli Stati Uniti avrebbero anche milioni di sistemi planetari che entrerebbero e uscirebbero in continuazione dal suo territorio, il che potrebbe provocare qualche problema.

La stella 47 Ursae Majoris ha almeno tre pianeti, e probabilmente di più. Se qualcuno di quei pianeti ospita forme di vita, una volta al giorno passano tutte attraverso

<sup>1</sup> Cygnus X-1 è stato oggetto di una famosa scommessa tra gli astrofisici Stephen Hawking e Kip Thorne sul fatto che fosse un buco nero o meno. Hawking, che aveva trascorso gran parte della sua carriera a studiare i buchi neri, scommise che non lo era. Riteneva che, se i buchi neri si fossero rivelati inesistenti, almeno come premio di consolazione avrebbe vinto la scommessa. Perse la scommessa, fortunatamente per la sua fama come fisico.

gli Stati Uniti. Ciò significa che ogni giorno c'è un periodo di pochi minuti in cui eventuali omicidi perpetrati su quei pianeti tecnicamente si verificano nel New Jersey.

Fortunatamente per la magistratura del New Jersey, le altitudini superiori a circa 19 chilometri sono generalmente considerate "alto mare". Secondo il numero dell'inverno 2012 dell'*Admiralty and Maritime Law Committee Newsletter*, pubblicata dall'American Bar Association, ciò significa che le morti al di sopra di queste altitudini, comprese quelle nello spazio, sono probabilmente coperte dal *Death on the High Seas Act (DOHSA)*, una legge del 1920.

Ma se qualche alieno su 47 Ursae Majoris sta valutando la possibilità di intentare una causa in un tribunale degli Stati Uniti appellandosi al DOHSA, rimarrà deluso. Il DOHSA prevede una prescrizione dopo tre anni, ma 47 Ursae Majoris dista più di 40 anni luce...



... il che significa che è fisicamente impossibile sporgere denuncia nei tempi.

## 25. LA GOMMA DEGLI PNEUMATICI

# D

La gomma degli pneumatici di milioni di automobili e camion all'inizio ha scolpiture profonde più di un centimetro, mentre alla fine è liscia. Dovrebbe esserci gomma dappertutto, o per lo meno ce ne dovrebbe essere uno strato sulle autostrade. Dov'è la gomma?

Fred

È una buona domanda. Tutta quella gomma deve essere da *qualche parte*, e nessuna delle alternative suona molto bene.

E ALLORA, DOVE VA A FINIRE TUTTA LA GOMMA?



Possiamo stimare quanta gomma perde uno pneumatico, cioè la differenza tra uno pneumatico nuovo e uno consumato fino a essere liscio, con un semplice calcolo:

$$\text{Gomma persa} = \text{diametro dello pneumatico} \times \text{larghezza del battistrada} \\ \times \pi \times (\text{spessore}_{\text{nuovo}} - \text{spessore}_{\text{vecchio}}) \approx 1,6 \text{ litri}$$

È più di un litro e mezzo di gomma, che è un bel po'; può essere dal 10 al 20% del volume totale dello pneumatico.

Se uno pneumatico percorre 100.000 chilometri prima di consumarsi, significa che si lascia dietro l'equivalente di una striscia di gomma spessa circa un atomo. Nella pratica, questa gomma non si sparge in modo uniforme. Si stacca in piccole particelle e grumi e occasionalmente viene raschiata via in grandi quantità tutte insieme. Se un guidatore preme a fondo i freni e sbanda, spesso le gomme lasciano una strisciata così spessa da essere visibile.

Su una corsia di un'autostrada particolarmente trafficata possono passare fino a due mila auto all'ora. Se tutta la gomma persa finisse sulla superficie della corsia, la strada si alzerebbe di circa un micron al giorno, cioè qualcosa come un terzo di millimetro all'anno.

Sarebbe fantastico se la gomma dello pneumatico rimanesse davvero attaccata alla strada, almeno dal punto di vista ambientale, ma per la maggior parte non è così. Le particelle rilasciate durante la normale andatura di un'automobile sono spesso abbastanza piccole da fluttuare in aria, oppure il vento, la pioggia e il passaggio di altre auto le spazzano via dalla strada. Queste particelle di gomma si allontanano dalle strade e finiscono nell'aria, nel terreno, nei fiumi, negli oceani, e nei nostri polmoni.

*COME HO DETTO, I POLMONI  
SONO FATTI PER RESPIRARE ARIA.*



Respirare tutta questa gomma probabilmente non è il massimo per noi, e nemmeno per l'ambiente. Le particelle di gomma degli pneumatici sono una delle principali fonti di microplastiche nei fiumi e negli oceani, dove alterano la chimica dell'acqua e

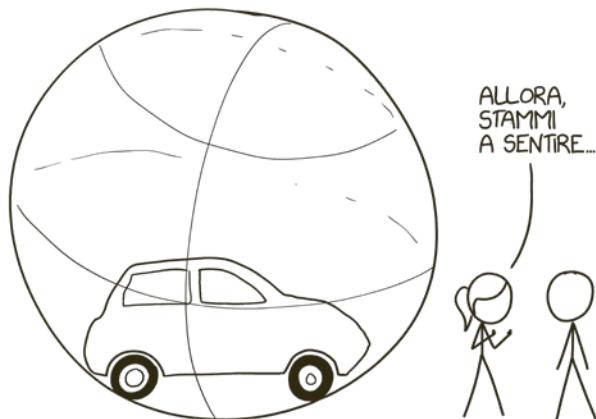
sono spesso inghiottite dagli animali marini. La ricerca sugli effetti di queste microplastiche è in corso; per esempio, uno studio del 2021 ha collegato le morie di salmoni nel Pacifico nordoccidentale a una sostanza chimica della gomma degli pneumatici portata dal deflusso delle acque piovane.

I residui di gomma degli pneumatici sono un problema difficile da risolvere. Abbiamo ridotto altre fonti di particelle di plastica nell'ambiente – molte nazioni hanno vietato le microsfere di plastica nei cosmetici – ma le emissioni degli pneumatici non sembrano avere una soluzione rapida.



Esistono alcune idee per ridurre la gomma ambientale proveniente dagli pneumatici. Un migliore filtraggio del deflusso delle acque piovane stradali può contribuire. Anche capire quali sostanze chimiche degli pneumatici provocano più problemi e cercare alternative sembra una buona idea. E ci sono gruppi di ricerca che hanno proposto meccanismi per catturare le particelle di gomma quando si staccano dagli pneumatici.

Ma se avete qualche idea, questa è sicuramente un'area che ha bisogno di una svolta o anche due!



## 26. DINOSAURI DI PLASTICA

D

Dato che la plastica si fa con il petrolio e il petrolio è fatto di dinosauri morti, quanto dinosauro vero c'è in un dinosauro di plastica?

**Steve Lydford**

**Non lo so.**

Il carbone e il petrolio sono chiamati combustibili fossili perché si sono formati nel corso di milioni di anni a partire dai resti di organismi morti sepolti nel sottosuolo. La risposta standard a “Da che tipo di sostanza morta viene il petrolio contenuto nel terreno?” è “Plancton marino e alghe”. In altre parole, in quei combustibili fossili non ci sono fossili di dinosauri.

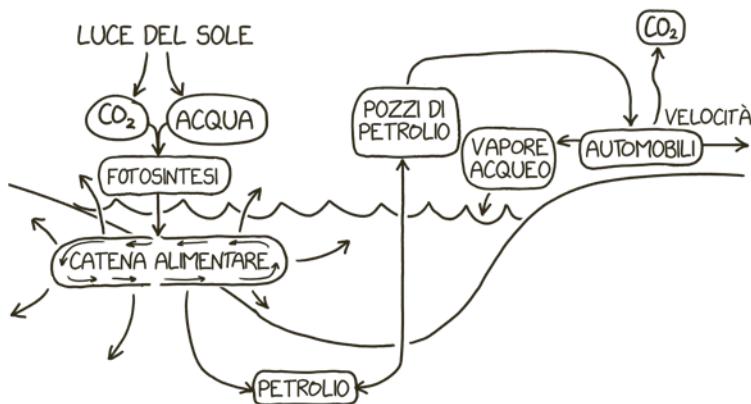
Peccato che non sia del tutto corretto.

La maggior parte di noi vede il petrolio solo nelle sue forme raffinate – cherosene, plastica e la roba che esce dalle pompe di benzina – quindi è facile immaginare il punto di partenza come un materiale nero uniforme e ribollente uguale ovunque.



In realtà i combustibili fossili portano le impronte delle loro origini. Le varie caratteristiche del carbone, del petrolio e del gas naturale dipendono dagli organismi che li hanno formati e da cosa è successo ai loro tessuti nel tempo. Dipende da dove hanno vissuto, da come sono morti, da dove sono finiti i loro resti e dal tipo di temperatura e di pressione che hanno subito.

La materia morta porta l'impronta chimica della propria storia – alterata e confusa in vari modi – per milioni di anni. Una volta estratto il petrolio, dedichiamo molti sforzi a eliminare le prove di questa storia, raffinando i complessi idrocarburi in combustibili uniformi. Quando bruciamo i carburanti, la loro storia viene infine cancellata e la luce del Sole giurassica che vi era racchiusa viene rilasciata per far funzionare le nostre auto.<sup>1</sup>



Quella trasmessa dalle rocce è una storia intricata. A volte ne manca qualche pezzo, perduto o trasformato in un modo che ci lascia perplessi. I geologi, sia nel mondo accademico che nell'industria petrolifera, lavorano pazientemente per ricostruire diversi aspetti di queste storie e capire che cosa ci dicono le tracce.

La maggior parte del petrolio proviene da forme di vita oceaniche sepolte nel fondo del mare, e quindi per lo più non sono dinosauri. Ma anche l'idea poetica che i nostri combustibili contengano fantasmi di dinosauri è per certi versi vera.

Ci sono alcuni fattori necessari per la formazione del petrolio: tra l'altro, grandi quantità di materia organica ricca di idrogeno devono finire rapidamente sottoterra in un ambiente a basso contenuto di ossigeno. Queste condizioni si verificano più spesso nei mari poco profondi vicino alle piattaforme continentali, dove periodiche risalite ricche di sostanze nutritive dalle profondità marine causano fioriture di plancton e alghe. Queste fioriture temporanee si esauriscono presto, muoiono e cadono sul

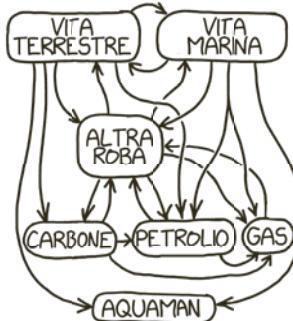
<sup>1</sup> Attraverso la fotosintesi, gli organismi usarono la luce solare per legare l'anidride carbonica e l'acqua in molecole complesse. Quando bruciamo il loro petrolio, reinseriamo quella CO<sub>2</sub> e quell'acqua nell'atmosfera, liberando tutta in una volta l'anidride carbonica immagazzinata per milioni di anni. Questo ha certe conseguenze.

fondale povero di ossigeno come neve marina. Se vengono seppellite rapidamente, possono col tempo formare petrolio o gas. Le forme di vita terrestri, invece, hanno maggiori probabilità di formare torba e infine carbone.

Sembrerebbe quindi che le cose funzionino così:



Ma la formazione degli idrocarburi è un processo con numerose fasi, che può essere influenzato da molti fattori. Nell'oceano si riversa un'enorme quantità di materiale organico; la maggior parte non finisce nei sedimenti in cui si forma il petrolio, ma un certo quantitativo sì. Alcuni giacimenti petroliferi, come quelli australiani, sembrano avere molte fonti terrestri. Si tratta per lo più di piante, ma ci sono certamente anche animali.<sup>2</sup>



Da dovunque provenga, solo una piccola percentuale del petrolio nel tuo dinosauro di plastica deriva direttamente da veri cadaveri di dinosauri. Se proviene da un giacimento petrolifero dell'era mesozoica, a cui contribuì in misura elevata il materiale terrestre, può contenere una quota leggermente più alta di dinosauri; se proviene da un giacimento premesozoico sigillato sotto uno strato superiore di roccia, può non contenere nessun dinosauro. Non c'è modo di saperlo senza ripercorrere scrupolosamente ogni fase del processo di fabbricazione di quello specifico giocattolo.

<sup>2</sup> È il caso di ricordare che, se la maggior parte dei dinosauri viveva sulla terraferma, alcuni, come lo spinosauro, erano almeno in parte acquatici.



In un senso più ampio, tutta l'acqua degli oceani, in un momento o nell'altro, ha fatto parte di un dinosauro. Quando quest'acqua viene utilizzata nella fotosintesi, le sue molecole diventano parte dei grassi e dei carboidrati nella catena alimentare, ma ce n'è *molta più* nel tuo corpo in questo momento sotto forma di acqua.

In altre parole, i tuoi giocattoli di plastica contengono molto meno dinosauro di te.



#3

# risposte brevi

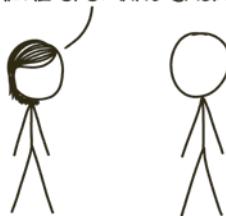
D

Secondo te, per quanto tempo dovrebbero baciarsi due persone prima di rimanere senza labbra?

Asli

**Pensa a come funzionano le** labbra. Se le labbra si consumassero premendosi contro altre labbra, sarebbero già sparite.

HAI MAI PENSATO CHE IL TUO  
LABBRO SUPERIORE E QUELLO  
INFERIORE SI STANNO BACIANDO?



D

Sono anni che un mio compagno di scuola e io discutiamo su questa cosa: se mettessimo in un cubo di vetro un milione di formiche affamate e un essere umano, chi è più probabile che ne esca vivo?

Eric Bowman

**Tutti immaginano sempre che se** si mettono insieme due animali in questo modo, combatteranno fino alla morte: è una visione della biologia molto alla Pokémon. Penso che sia l'essere umano che le formiche avrebbero più da temere dal cubo di vetro che l'uno dalle altre. E, se riescono a uscire, a essere in pericolo sarete tu e il tuo amico.



D

Cosa accadrebbe se tutta l'umanità mettesse da parte i propri dissensi e lavorasse insieme per fare della Terra una sfera perfetta?

Erik Andersen

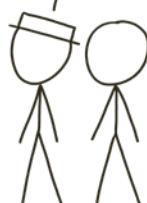
**Mi sa che presto sarebbe** proprio il progetto a creare nuovi dissensi.

NON ANDIAMO SEMPRE D'ACCORDO,  
MA NON POTREMMO METTERE DA PARTE  
I NOSTRI DISSAPORI E LAVORARE INSIEME  
VERSO UN OBIETTIVO?

PERFETTO! FACCIAMO DELLA  
TERRA UNA SFERA PERFETTA!

CERTO, COME NO!

UN ATTIMO.



**D**

Si parla molto di un ascensore spaziale o di un edificio che arrivi fino all'orbita terrestre bassa in modo da risparmiare tempo e risorse per portare materiali nello spazio. Sembrerà una cosa molto stupida, ma perché nessuno ha proposto di costruire una strada che arriva allo spazio? Dal momento che in genere si considerano 100 chilometri come quota da raggiungere, sarebbe possibile costruire una montagna alta 100 chilometri da qualche parte negli Stati Uniti? Propongo di farlo in Colorado, dal momento che ha una bassa densità di popolazione e si trova già circa 2 chilometri sopra il livello del mare.

**Brian**

**Una montagna alta 100 chilometri** avrebbe un volume di diversi milioni di chilometri cubi, all'incirca la stessa quantità di roccia di una lastra spessa 100 metri e ampia come tutto il Nordamerica.

Quindi la domanda è: costruirla con *cosa*?



D

Se sparassi un razzo e un proiettile attraverso il centro di Giove, uscirebbero dall'altra parte?

**James Wilson**

No.

FATTO SCIENTIFICO:



GIOVE È ANTIPIOETTILE

D

Cosa accadrebbe se per magia il monte Everest si trasformasse in lava pura? Che cosa ne sarebbe della vita? Moriremmo tutti?

**Ian**

**La vita se la caverebbe.**

Di tanto in tanto succede che enormi mucchi di lava appaiano sulla superficie terrestre. Queste effusioni, che creano massicci lastroni rocciosi chiamati "grandi province ignee", non sono un'ottima notizia per la vita. Nella documentazione fossile sono presenti cinque grandi estinzioni di massa, e tutte e cinque<sup>1</sup> sono state accompagnate da grandi quantità di lava che creavano un blob sulla superficie.

<sup>1</sup> Anche l'estinzione dei dinosauri, notoriamente causata dall'impatto di un meteorite in quello che oggi è il Messico, fu accompagnata da uno di questi blob, i trappi del Deccan nell'odierna India. Quando arrivò il meteorite si stavano già verificando le effusioni, ma sembra che siano molto peggiorate in quel periodo. È ancora aperta la discussione sul collegamento fra i due eventi e su quanto ciascuno abbia contribuito all'estinzione. Pare che l'estinzione principale si sia verificata proprio nel momento dell'impatto e quindi fu il fattore fondamentale, ma tutta quella lava non sarà stata certo d'aiuto.

MA "BLOB" È UN TERMINE SCIENTIFICO?

IN GENERE LO CHIAMIAMO "EVENTO BLOBBOSO MAGMATICO TERMICO" OPPURE "MEGABLOB".



Gli occhi si sono evoluti per la prima volta circa mezzo miliardo di anni fa: in questo lasso di tempo l'estinzione del Permiano è probabilmente la cosa peggiore che abbiano mai visto. Una grande eruzione di lava in quella che oggi è la Siberia iniettò enormi quantità di CO<sub>2</sub> nell'atmosfera, provocando un aumento delle temperature. Gli oceani si deossigenarono e si acidificarono. Nubi di gas velenoso coprirono le terre emerse. La maggior parte della vita vegetale fu spazzata via dai continenti, facendo del nostro pianeta una landa desolata e sabbiosa. Morì quasi tutto.

Nell'estinzione del Permiano si verificò l'eruzione di circa un milione di chilometri cubi di lava; il volume dell'Everest, invece, a seconda di come lo si definisce, è dell'ordine delle migliaia di chilometri cubi. Dal momento che è piuttosto piccolo rispetto alle grandi province ignee, il tuo scenario probabilmente non provocherebbe un'estinzione di massa della scala del Permiano.

D'altro canto, gli esseri umani sono apparsi molto tempo dopo. Qualcosa che sia devastante anche solo 1/100 dell'estinzione del Permiano sarebbe probabilmente l'evento peggiore che ci sia mai capitato. Personalmente non rischierei.



**D**

È possibile cadere nella Fossa delle Marianne,  
oppure uno ci nuota sopra e basta?

**Rodolfo Estrella**

Sono possibili tutt'e due le cose.

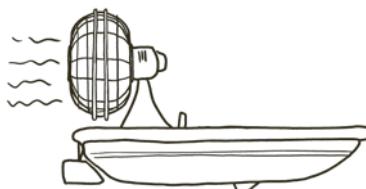
**D**

Gioco a Dungeons & Dragons, e la mia Master non vuole farci usare l'incantesimo "Folata di vento" per gonfiare le vele di una nave e farla muovere. Il suo ragionamento è che non si possa usare questo incantesimo per muovere una nave, così come una persona su una barca a vela non può puntare un ventilatore verso la vela per spingerla in avanti. Noi ribattiamo che, poiché l'incantesimo non spinge il mago indietro quando lo usa, dovrebbe funzionare per far procedere la nave. Lei dice che ce lo permette solo se lo dici tu.

**Georgia Paterson e Allison Adams**

**Naturalmente, la magia è magia**, e quindi funziona come dice la Master. Detto ciò, la penso come te. Se l'incantesimo non ti spinge indietro quando lo usi, allora o spinge qualcos'altro o non obbedisce alle leggi della fisica. Quindi non c'è un motivo per cui non debba muovere la barca.

E poi, se l'incantesimo ti spingesse indietro quando lo usi, potresti comunque usarlo per far andare la barca. Dopotutto, ci sono imbarcazioni sospinte da ventilatori.



Devi solo puntare l'incantesimo all'indietro.



**D**

Cosa accadrebbe se sfregassi un fiammifero su Titano? Si accenderebbe anche in assenza di ossigeno?

**Ethan Fitzgibbon**

**Si accenderebbe e poi si spegnerebbe.**

Il fuoco si verifica quando un ossidante, solitamente l'ossigeno, reagisce con un combustibile. Per dare avvio alla reazione, i fiammiferi contengono una piccola quantità di combustibile e di ossidante,<sup>2</sup> che si mescolano quando il fiammifero viene sfregato e avviano la reazione. A quel punto entra in gioco l'ossigeno dell'atmosfera.

<sup>2</sup> L'ossidante più comune usato nei fiammiferi, il clorato di potassio, produce ossigeno quando lo si riscalda e talvolta viene utilizzato come fonte di emergenza di aria respirabile. Le maschere per l'ossigeno sugli aerei di linea sono spesso collegate a piccole quantità di clorato di potassio. Quando la maschera cade, viene rimosso un blocco e una reazione chimica riscalda il clorato di potassio in modo che produca ossigeno.

Su Titano, dove l'atmosfera è composta da metano e azoto, il fiammifero si spegnerebbe appena si esaurisce l'ossidante.

**D**

Ho postato una domanda su un social in cui chiedevo quale sarebbe il cambiamento più piccolo che creerebbe il disastro più grande. Una delle risposte che ho ricevuto è stata “se ogni atomo acquisisse un protone”. Quindi la mia domanda è: cosa accadrebbe se ogni atomo acquisisse un protone?

**Olivia Caputo**



## 27. ACQUARIO A RISUCCHIO

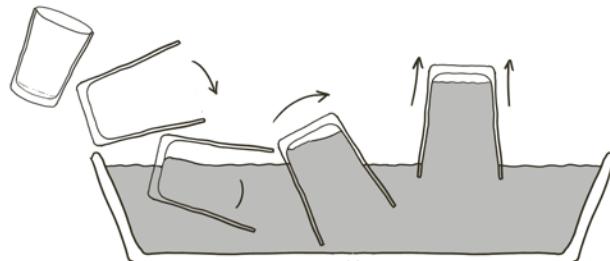
D

Da piccola ho scoperto che se portavo un contenitore in piscina, lo riempivo d'acqua e lo sollevavo (con l'apertura verso il basso) fino alla superficie, il livello dell'acqua nel mio contenitore arrivava più in alto del livello dell'acqua nella piscina. Che cosa accadrebbe se uno provasse a farlo con un contenitore gigante e l'oceano? Si potrebbe creare un acquario gigante che fuoriesce dall'acqua in cui gli animali possano entrare e uscire liberamente? Magari un contenitore di forma irregolare su cui camminare per avvicinarsi ai pesci?

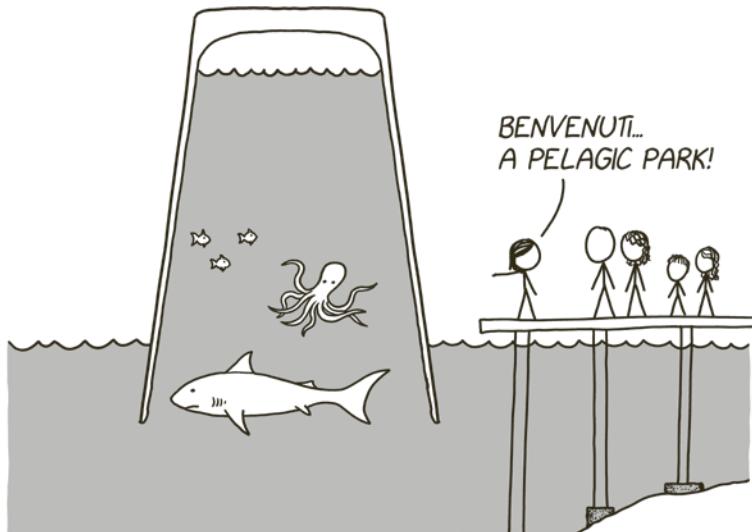
**Caroline Collett**

### Può funzionare.

Quando solleviamo dall'acqua un contenitore con il fondo aperto, risucchia con sé l'acqua.

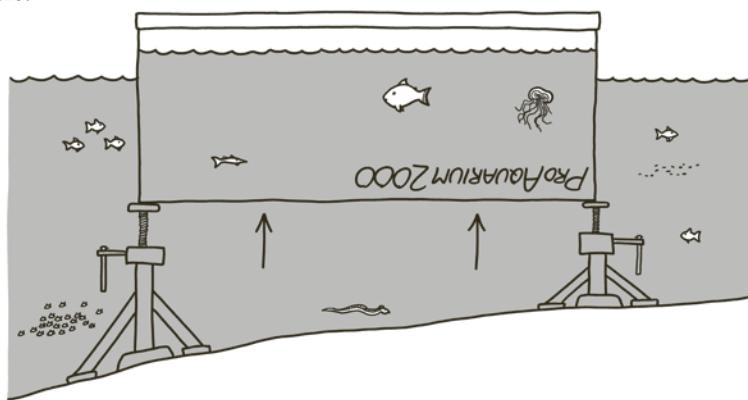


I costruttori di acquari più fantasiosi a volte aggiungono colonne rialzate come questa, che chiamano acquari “invertiti”. Si potrebbe mettere un grande contenitore nell’oceano e fare la stessa cosa: avremmo una colonna rialzata di acqua di mare da ammirare.



Diciamo che ci provi.

Costruisci un’enorme vasca di vetro per acquari, la posi su piloni nell’oceano, sigilli la parte superiore e poi la sollevi, innalzando una colonna d’acqua alta un metro sopra la superficie.



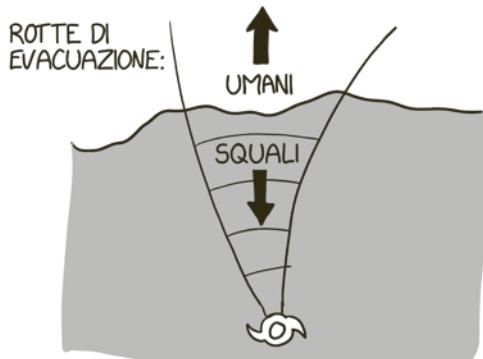
L’acqua è trattenuta sopra la superficie da un “risucchio”: l’assenza di pressione dell’aria che la spinga dall’alto. I fisici sottolineeranno che tecnicamente è la pressione dell’aria sul

resto dell'oceano che spinge l'acqua verso l'alto, non il risucchio all'interno della colonna che la tira, il che è vero. Ma, detto fra noi, una volta capito questo a volte è più facile pensare che si tratti di risucchio. Io dico che va bene; basta che non ci facciamo sentire dai fisici.

L'acqua normale si trova alla pressione atmosferica in superficie e a pressione più alta sott'acqua. Per via del risucchio<sup>1</sup> l'acqua nella colonna ha una pressione *inferiore a quella normale* atmosferica. Sulla superficie all'interno dell'acquario, a un metro sopra il livello del mare, la pressione è di poco inferiore al 90% di un'atmosfera. È simile alla pressione dell'aria nelle città ad alta quota come Denver. Se nuotassimo all'interno ed emergessimo in superficie, probabilmente non noteremmo la differenza di pressione, dal momento che le orecchie si adatterebbero comunque ai cambiamenti di pressione dovuti all'immersione.

Noi magari non ce ne accorgeremmo, ma i pesci sicuramente sì. Gli organismi marini tendono a essere sensibilissimi ai cambiamenti di pressione, che varia molto rapidamente quando si sale o si scende di poco nell'acqua. Tanti pesci controllano il galleggiamento attraverso le vesciche natatorie, che li aiutano anche a mantenersi in posizione verticale nell'acqua. Quando salgono o scendono, la loro galleggiabilità varia e devono cambiare il modo in cui nuotano per compensare fino a quando la quantità di gas nella vescica natatoria non si adatta.

Anche gli organismi marini privi di vescica natatoria, come gli squali, notano le variazioni di pressione. Quando nel 2001 un ciclone tropicale si stava avvicinando alla costa della Florida, i biologi marini hanno osservato gli squali orlati che si dirigevano al largo verso la perturbazione, probabilmente per sfuggire alle correnti agitate e alle onde impetuose nelle acque costiere, poco profonde. Secondo gli studi dell'oceanografa Michelle Heupel e colleghi, gli squali non reagivano al vento o alle onde, ma avevano iniziato l'evacuazione nel momento in cui avevano sentito la pressione barometrica scendere al di sotto del livello normale per la stagione.



<sup>1</sup> Sssh.

I pesci possono sopravvivere senza problemi a una pressione che sia il 90% di quella normale al livello del mare e quindi non avranno problemi a nuotare nella tua vasca, ma potrebbero essere confusi dal cambiamento di pressione. Non li danneggerebbe, ma potrebbero scambiare il calo di pressione per un uragano in arrivo.



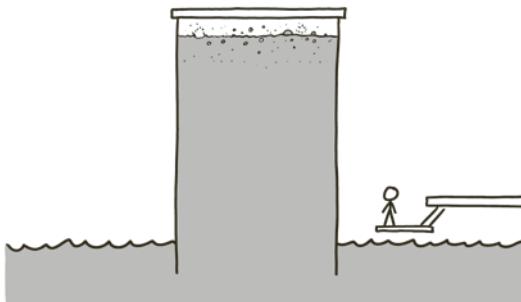
Una vasca di un metro è sufficiente per vedere un po' di vita marina interessante, ma se vogliamo farci entrare specie davvero fantastiche, come il famigerato squalo bianco, la dovremo innalzare di più. Il nostro acquario è alto a malapena per contenere la pinna dorsale di uno squalo bianco adulto.



La vasca più grande del Monterey Bay Aquarium si chiama Open Sea (“Mare aperto”) e ha una profondità di circa 10 metri. Potresti pensare che sarebbe bello aumentare la profondità del tuo acquario invertito fino a circa 10 metri, in modo da avere spazio sufficiente per mettere in mostra anche gli squali più grandi.

Non funzionerebbe molto bene.

Il risucchio che solleva l'acqua è dovuto al peso dell'aria che preme sulla superficie dell'oceano, ma la pressione dell'aria non è abbastanza elevata da sollevare una colonna d'acqua alta circa 10 metri. Una volta che la colonna d'acqua raggiungesse i 10 metri circa, la superficie non si solleverebbe di più, per quanto in alto si sollevi il contenitore. Si formerebbe invece il vuoto nella parte alta e l'acqua in superficie inizierebbe a bollire per la bassa pressione.



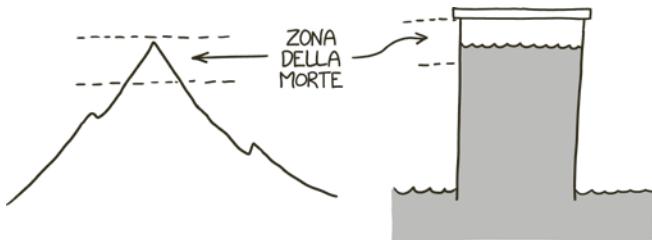
Se non sai quale sia la pressione atmosferica nella tua zona, puoi calcolarla osservando l'altezza dell'acqua nel tubo. È così che funzionano molti barometri, anche se di solito usano il mercurio al posto dell'acqua, poiché il mercurio è molto più pesante e quindi le colonne sono più corte. (Inoltre, lo strato superiore di mercurio non bolle.) Quando vedi la pressione indicata in "pollici di mercurio" o "mmHg", stanno misurando l'altezza della colonna in un acquario a risucchio pieno di mercurio.

Il tuo acquario sarebbe un pessimo barometro, poiché l'acqua che bolle in alto creerebbe vapore che riempirebbe il vuoto, spingendo l'acqua leggermente verso il basso e dando una misurazione imprecisa. Ma non funzionerebbe molto bene neanche come acquario.

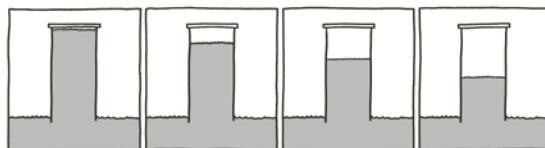
I pesci che nuotano su per la colonna scoprirebbero che le loro vesciche natatorie si espandono troppo, il che potrebbe farli salire in modo incontrollabile. Gli ingegneri fluviali usano occasionalmente dei sifoni per consentire all'acqua di fluire sopra una barriera usando il risucchio, e talvolta i pesci nuotano attraverso i tubi. Quando i sifoni sollevano il pesce più di 2-3 metri sopra il livello normale della superficie, il cambiamento di pressione provoca lesioni gravi e talvolta mortali, simili alle ferite causate ai pesci delle profondità portati in superficie troppo rapidamente.

Un acquario a risucchio sarebbe pericoloso anche per eventuali mammiferi, che respirano aria, tanto sfortunati da nuotarci dentro. Se cercano di emergere, l'aria nei polmoni si espande, rischiando di provocare lesioni polmonari a meno che non espirino.

Raggiungendo la superficie scoprirebbero che l'aria rimasta nel volume in alto sarebbe troppo rarefatta per respirare, simile all'aria sull'Everest sopra la "zona della morte".

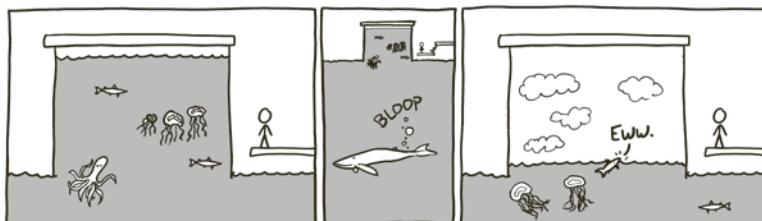


Questo acquario, per fortuna, sarebbe piuttosto difficile da costruire. E sarebbe anche temporaneo! Se uno prova a costruire un recipiente fatto così, scopre presto che il livello dell'acqua scende nel tempo. L'acqua contiene ossigeno dissolto e quando la pressione si riduce, l'ossigeno fuoriesce dall'acqua. Nella colonna, l'ossigeno dissolto uscirebbe dall'acqua e riempirebbe gradualmente lo spazio nella parte superiore dell'acquario, provocando un aumento della pressione e un indebolimento dell'effetto di aspirazione. Con il tempo l'acqua tornerebbe nell'oceano.



Altre fonti di gas potrebbero far defluire più rapidamente l'acqua dell'acquario. I mammiferi marini che respirano aria a volte espellono gas mentre nuotano, e sotto l'acquario potrebbe passare di tanto in tanto anche una balena.

In altre parole...



... il tuo acquario potrebbe essere distrutto dalle scoregge di balena.

## 28. LA TERRA-OCCHIO

D

Se la Terra fosse un enorme occhio,  
fino a dove riuscirebbe a vedere?

**Alasdair**



Un **bulbo oculare delle dimensioni** della Terra avrebbe una pupilla larga varie migliaia di chilometri. Una lente a contatto sporgerebbe oltre la quota fino a cui dovrebbe trovarsi l'atmosfera e una singola lacrima conterebbe circa la stessa quantità di acqua degli oceani della Terra.



Un vero bulbo oculare delle dimensioni della Terra non funzionerebbe. La luce non sarebbe in grado di passare attraverso tutto quell'umore vitreo, e quindi la retina

vedrebbe solo buio; inoltre il cristallino, sottoposto alla gravità, non manterebbe la forma, cosicché l'occhio non sarebbe in grado di mettere a fuoco. Altri problemi deriverebbero dal fatto di ingrandire la retina: le singole cellule, diventate più grandi, non sarebbero più in grado di rilevare le lunghezze d'onda della luce visibile.

Per evitare questi problemi, immaginiamo un bulbo oculare delle dimensioni della Terra che funzionasse come una versione più grande di un occhio normale, con una pupilla e un'area retinica più ampia in proporzione, ma con la stessa trasparenza e forma di un occhio più piccolo. Questo bulbo oculare avrebbe una vista ottima. La risoluzione di un telescopio dipende da quanto è grande l'apertura che raccoglie la luce – motivo per cui un apparecchio fotografico con un grande teleobiettivo può ingrandire meglio della fotocamera del telefono – e la pupilla e il cristallino immensi dell'occhio gli darebbero un'enorme capacità di raccolta della luce.

Se la lente è priva di difetti e di distorsione del colore, la quantità di dettagli che si possono vedere è limitata principalmente dalla diffrazione, una sfocatura causata dalla natura ondulatoria della luce. Questo limite posto dalla diffrazione è proporzionale al diametro dell'apertura.

$$\text{RISOLUZIONE ANGOLARE} = 1,22 \times \frac{\text{LUNGHEZZA D'ONDA DELLA LUCE}}{\text{DIAMETRO DELLA LENTE}}$$

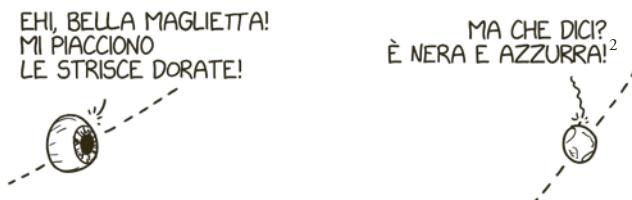
$$\text{DISTANZA DI VISIBILITÀ} = \frac{\text{DIAMETRO DELL'OGGETTO DA OSSERVARE}}{\text{RISOLUZIONE ANGOLARE}}$$

Se osserviamo una maglia a pois con punti distanti 5 centimetri l'uno dall'altro, possiamo usare la formula della distanza di visibilità per calcolare che se vediamo la maglia da più di 200 metri di distanza, i singoli punti non saranno visibili e sembrerà che il tessuto sia a tinta unita.



Un occhio delle dimensioni della Terra avrebbe una risoluzione teorica mezzo miliardo di volte migliore di un occhio normale. Se fosse limitato solo dalla diffrazione,

questo bulbo oculare sarebbe in grado di vedere se una maglietta ha decorazioni o è a tinta unita mentre la indossa un astronauta *su Marte*.

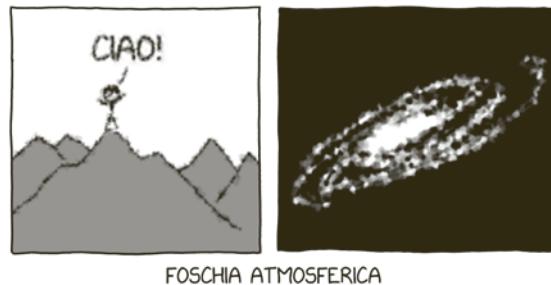


In teoria questo telescopio sarebbe in grado di leggere una pagina di testo stampato sulla superficie della Luna e di vedere la forma dei continenti sulla superficie di un esopianeta in orbita attorno ad Alfa Centauri.

Alla domanda “*fino a dove riuscirebbe a vedere?*” è in realtà abbastanza facile rispondere: come il telescopio spaziale Webb, potrebbe vedere quasi tutto l’universo. La luce proveniente dalle parti più lontane dell’universo osservabile viene dilatata dall’espansione dello spazio e quindi per la maggior parte viene spostata nell’infrarosso, ma il bulbo oculare sarebbe in grado di vedere chiaramente alcune delle galassie più lontane.

Probabilmente non riuscirebbe a distinguere i dettagli, tuttavia, a causa della foschia dello spazio stesso.

Sulla Terra i grandi telescopi sono limitati dalla turbolenza dell’atmosfera. Le immagini di oggetti lontani sono incerte e sfocate perché l’aria devia e distorce la luce. Questa turbolenza rende necessarie, per cercare di contrastarla, complesse ottiche adattive e riduce la risoluzione dei telescopi terrestri al di sotto dei limiti teorici della diffrazione. Nello spazio, le immagini sono molto più nitide e quindi i telescopi orbitanti sono in grado di operare fino ai limiti dati dalla diffrazione.



<sup>2</sup> Il rimando è alla diatriba su una foto raffigurante un vestito che alcuni vedevano bianco e dorato e altri azzurro e nero. (*N.d.T.*)

Per un occhio grande quanto la Terra, lo spazio *stesso* potrebbe essere nebuloso e turbolento. Secondo un articolo del 2015 dell'astronomo Eric Steinbring le fluttuazioni quantistiche nella struttura dello spazio potrebbero distorcere la luce delle galassie lontane nello stesso modo in cui l'aria distorce la luce dalle montagne lontane. Questa distorsione è troppo esigua per influenzare le immagini ottenute con gli attuali telescopi spaziali, ma potrebbe avere effetto su quelli più grandi, offuscando la visione di un bulbo oculare delle dimensioni della Terra.

Per quanto in modo sfocato, un occhio delle dimensioni della Terra potrebbe vedere molto più lontano di un normale occhio umano. La cosa più lontana che un occhio umano di dimensioni normali riesce a vedere in modo affidabile è a meno di 3 milioni di anni luce di distanza: la galassia di Andromeda, o la galassia del Triangolo se si ha una buona vista e cieli bui. È a meno dello 0,01% della distanza tra noi e il confine dell'universo osservabile. La maggior parte dell'universo è troppo fioca e lontana per poterla vedere.

Il disegno qui sotto rappresenta con tre punti la Via Lattea, la galassia di Andromeda e quella del Triangolo. Se mettete questo libro sul pavimento nel mezzo di una palestra, il confine dell'universo osservabile sarà all'altezza delle pareti della palestra. Quando guardiamo il cielo di notte, tutto ciò che riusciamo a vedere è all'interno del cerchietto al centro, una zona minuscola di un universo smisurato.



Sebbene la maggior parte del tempo la nostra vista sia limitata agli oggetti all'interno di quel cerchietto, a volte riusciamo a vedere molto più lontano.

La notte tra il 18 e il 19 marzo 2008 fu nuvolosa in gran parte del Nordamerica, ma il cielo era terso in Messico e negli Stati Uniti sudoccidentali. Chi quella notte avesse guardato in alto all'ora giusta, avrebbe visto apparire un puntino fioco per circa 30 secondi

nella costellazione di Boote. Questa luce era il lampo del collasso di una stella supermas-siccia distante circa 10 miliardi di anni luce,<sup>3</sup> migliaia di volte più distante di Andromeda. Ha stabilito un nuovo primato per l'oggetto conosciuto più distante visibile a occhio nudo.

Queste stelle che collassano emettono getti di energia dai poli nord e sud per motivi che non comprendiamo appieno. Per caso l'asse di rotazione di GRB 080319b si trovava allineato direttamente verso la Terra, e così ci siamo trovati proprio nel getto, il che ha fatto sì che fosse visibile anche a miliardi di anni luce di distanza. L'esplosione ha proiettato un raggio di luce sottilissimo attraverso l'universo, come un laser cosmico puntato direttamente sul nostro occhio.



A un occhio umano la luce di GRB 080319b pareva piuttosto fioca, ma per una pupilla di migliaia di chilometri di diametro potrebbe essere accecante. Anzi, tutte le stelle visibili sarebbero forse troppo luminose per poterle guardare; è possibile che la luce stellare concentrata bruci la superficie della retina gigante. La maggior parte delle persone dotate di occhi apprende che è pericoloso guardare direttamente il Sole. Ma per un occhio delle dimensioni di un pianeta, capace di focalizzare tanta luce in un punto minuscolo, potrebbe essere pericoloso anche guardare altri soli.

SALVE, SUNGLASS HUT? QUAL È  
LA TAGLIA PIÙ GRANDE CHE AVETE?



<sup>3</sup> L'esplosione è avvenuta circa 7,5 miliardi di anni fa, ma da allora l'espansione dell'universo l'ha allontanata da noi, e quindi la stella è a più di 7,5 miliardi di anni luce di distanza.

## 29. COSTRUIRE ROMA IN UN GIORNO

D

Quante persone ci vorrebbero per costruire Roma in un giorno?

Lauren

**Il collo di bottiglia non** è necessariamente il numero di persone. Come dice una vecchia battuta, a una persona servono nove mesi per produrre un neonato, ma assegnare a questo compito nove persone non fa sì che basti un mese. Se mandiamo sempre più persone a costruire Roma, a un certo punto avremo solo un pasticcio caotico e disorganizzato.



L'ingegnere civile Daniel W. M. Chan e colleghi, in una serie di studi degli anni novanta e primi duemila, hanno usato i dati sulle costruzioni a Hong Kong per elaborare formule sul tempo necessario per completare progetti edili, in base al costo complessivo e alle dimensioni fisiche.

Per fare una stima molto approssimativa, guardando il PIL e i valori delle proprietà immobiliari per città di dimensioni simili, possiamo ipotizzare che il valore totale di tutte

le proprietà a Roma possa essere di circa 150 miliardi di euro. Se assumiamo – ancora una volta, è una stima molto approssimativa – che i costi di costruzione siano circa il 60% del valore di mercato, troviamo che il costo per costruire Roma sarebbe di circa 90 miliardi di euro.<sup>1</sup> Se inseriamo questo valore nella formula di Chan, ci dice che servono fra i 10 e i 15 anni per costruire Roma. I lavori vanno accelerati di un fattore 5000 circa, se la vogliamo finire in un giorno.

	10 RIUNIONE COSTRUIRE ROMA		10 APPUNT. DENTISTA		
COMPLEANNO MAMMA					18 FESTA
	14 APPUNT. OCULISTA			13 PRANZO?	

Aggiungere più persone permette di accelerare i lavori solo in qualche misura. A un certo punto il principale collo di bottiglia sarà la formazione e il coordinamento di tutti per evitare enormi ingorghi mentre i camion portano persone e materiale. Si dice che tutte le strade portano a Roma, il che sarebbe utile se fosse vero, ma se diamo un'occhiata a una carta geografica ci accorgiamo che molte strade si trovano addirittura in altri continenti.

Supponiamo però di poter radunare l'intera popolazione mondiale<sup>2</sup> e di poter risolvere tutti i problemi di addestramento, coordinamento e traffico, considerando solo il lavoro. In quanto tempo potremmo costruire Roma? Proviamo qualche modo per stimare la risposta e vediamo quanto concordano.

<sup>1</sup> Esaminando alcune città negli Stati Uniti, si osserva che il valore totale di tutte le proprietà in una zona tende a essere leggermente superiore al PIL annuale della zona stessa. Per esempio, nel 2018 il valore complessivo di tutte le proprietà nella contea di Cook, in Illinois, in cui si trova Chicago, è stato stimato a circa 600 miliardi di dollari, quando il PIL della contea era di 400 miliardi. New York contiene proprietà per circa 1600 miliardi di dollari e ha un PIL di 1000 miliardi. Il PIL di Roma è poco più di 100 miliardi di euro, il che fa ritenere che il valore totale di tutte le proprietà possa essere qualcosa come 150 miliardi.

<sup>2</sup> Radunare l'intera popolazione mondiale in un unico luogo sarebbe una cattiva idea, come discusso in *Cosa accadrebbe se?*, capitolo “Tutti fuori”. Roma ha un'area di 1285 chilometri quadrati, il che significa che saremmo stipati come davanti al palco di un concerto rock, con sei o sette persone per metro quadrato. Sarebbe una folla troppo densa per trovarci a proprio agio, per non parlare poi di fare lavori di cantiere.

A casa di amici hanno installato di recente in bagno un nuovo pavimento piastrellato e il costo della manodopera per l'installazione delle piastrelle era di circa 10 dollari per piede quadrato (cioè circa 100 euro a metro quadrato). Assumiamo – e so che sembra una forzatura, ma assecondatemi per un attimo – che costruire una città sia la stessa cosa che piastrellare un pavimento. Roma ha un'area di 1285 chilometri quadrati, il che significa che costerebbe 140 miliardi di euro piastellarla tutta, almeno se lo fanno gli stessi operai scelti dai miei amici.<sup>3</sup> Se il mondo paga 20 euro all'ora per la manodopera, sono 7 miliardi di ore. Visto che a lavorare sono 8 miliardi di persone, vuol dire che dovremmo riuscire a cavarcela in poco meno di un'ora.



Proviamo in un altro modo. Se usiamo la nostra stima basata sul PIL di 90 miliardi di euro per i costi di costruzione di Roma, e se il 30% dei costi di costruzione sono costituiti dalla manodopera, allora a 20 euro all'ora dovrebbero volerci poco più di 2 miliardi di ore di lavoro per costruire Roma. Con 8 miliardi di persone, si arriva a 15 minuti, un po' più velocemente della nostra stima con le piastrelle, ma sempre nello stesso ordine di idee.

TEMPO PER COSTRUIRE ROMA

MODELLO	RISULTATO	RISPETTO ALLA STORIA REALE
METODO DELLE PIASTRELLE DEL BAGNO	50 MINUTI	25.000.000× PIÙ VELOCE
STIMA APPROXIMATIVA DAL PIL	15 MINUTI	90.000.000× PIÙ VELOCE

<sup>3</sup> Se il Comune di Roma vuole un preventivo, posso metterli in contatto.

Certo, è un po' ridicolo trattare una città piena di monumenti, opere d'arte storiche e tesori inestimabili come se fosse un pavimento di piastrelle o un moderno condominio. Quindi partiamo dalla direzione opposta.

La volta della Cappella Sistina è tra le opere d'arte più famose e uniche al mondo. Michelangelo trascorse quattro anni a dipingere la complessissima serie di affreschi, che copre un'area di 523 metri quadrati.<sup>4</sup>

Se ipotizziamo che Michelangelo abbia dipinto per 40 ore a settimana, 52 settimane all'anno, vuol dire che dipingeva a una velocità di 1 metro quadrato ogni 16 ore. A questo ritmo ci vorrebbero 20 miliardi di ore di Michelangelo per coprire tutta Roma con un capolavoro rinascimentale delle dimensioni di una città. Divise tra 8 miliardi di persone, sono appena 2,5 ore di lavoro, cioè 150 minuti.

TEMPO PER COSTRUIRE ROMA

MODELLO	RISULTATO	RISPETTO ALLA STORIA REALE
METODO DELLE PIASTRELLE DEL BAGNO	50 MINUTI	25.000.000× PIÙ VELOCE
STIMA APPROXIMATIVA DAL PIL	15 MINUTI	90.000.000× PIÙ VELOCE
METODO DELLA CAPPELLA SISTINA	150 MINUTI	9.000.000× PIÙ VELOCE

Non è molto diverso dalla stima di circa un'ora che troviamo modellando la città come un pavimento di piastrelle, e ancora una volta suggerisce che costruire Roma in un giorno non è poi inverosimile come sembra, dal punto di vista del lavoro.

Certo, non si può costruire Roma in un giorno. Prima di tutto, è già stata costruita, e quindi chi ci abita se la prenderebbe se qualcuno provasse a costruirla di nuovo. E anche a volerla costruire da qualche altra parte, non sarebbe possibile fare entrare tutti quanti nello spazio necessario, far arrivare i materiali di cui hanno bisogno per costruire la loro parte e mantenere tutti in attività e nei tempi previsti.

<sup>4</sup> Ai pittori piace dire che avrebbe potuto fare tutto in un fine settimana se avesse usato un rullo.



Si dovrebbero affrontare problemi organizzativi al di là della semplice decisione di chi assegnare ai vari incarichi. La Cappella Sistina si trova nella Città del Vaticano, che è all'interno di Roma, ma tecnicamente non ne fa parte, e quindi non è chiaro se sarà inclusa nel progetto di costruzione di Lauren. Se sì, il lavoro di affrescatura della volta della cappella sarà suddiviso tra migliaia di persone diverse.

Ci sarà da aspettarsi un po' di incoerenze artistiche.

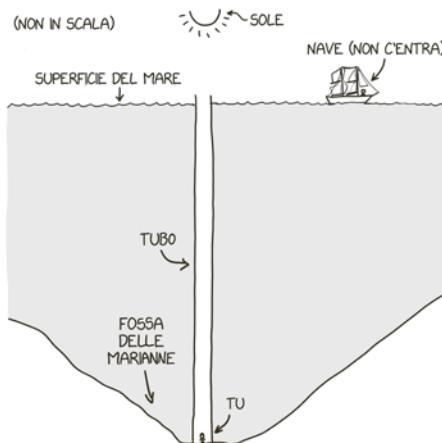


## 30. IL TUBO DELLA FOSSA DELLE MARIANNE

D

Se installassi nell'oceano un tubo di vetro indistruttibile del diametro di 20 metri che va fino al punto più profondo dell'oceano, che cosa si proverebbe a stare sul fondo? Immaginiamo che il Sole sia esattamente sulla verticale.

**Zoki Čulo, Canada**



**Il tuo tubo sarebbe tre** volte più profondo delle miniere più profonde. In simili miniere fa caldo e la pressione dell'aria è alta. Nel tuo tubo il calore non sarebbe un problema; il calore delle miniere viene dalle rocce, che diventano più calde man mano che si scende più in profondità. L'oceano profondo è appena sopra lo zero e quindi le pareti del tuo tubo sarebbero fredde, mantenendo l'aria fresca.



La pressione dell'aria nel tubo sarebbe molto alta, parecchie volte quella della superficie. Questa pressione non avrebbe nulla a che fare con quella dell'acqua tutt'intorno, che sarebbe trattenuta dal tubo. La pressione dell'aria sarebbe alta perché saresti molto al di sotto del livello del mare. La pressione dell'aria raddoppia ogni volta che si scende di 6 chilometri: a una profondità di 10 chilometri sarebbe quasi quattro volte superiore a quella a cui sei abituato. Per fortuna gli esseri umani possono gestire queste variazioni di pressione senza troppi problemi: le camere iperbariche, usate per il trattamento di certi problemi di salute, sottopongono i pazienti a pressioni simili. Assicurati solo di salire lentamente per evitare la malattia da decompressione.

Il Sole passerà direttamente sopra la bocca del tubo solo pochi giorni all'anno, intorno al 20 aprile e al 23 agosto. In questi giorni, per un minuto o due, riusciresti davvero a vedere fino in fondo! Sarebbe visibile solo una piccola porzione del Sole, ma visto che il Sole è molto luminoso,<sup>[senza fonte]</sup> il fondo del tubo sarebbe chiaro come una stanza ben illuminata. L'aria densa sopra di te assorbirebbe e disperderebbe un po' più di luce del solito, attenuando lievemente il Sole, ma non abbastanza perché lo si noti.



L'acqua intorno a te sarebbe scura. Se punti una torcia attraverso la parete di vetro, molto probabilmente vedresti distese vuote di sedimenti, ma occasionalmente potresti avvistare qualche creatura, come un cetriolo di mare. Se succede, prendi qualche appunto; solo poche persone hanno visitato il fondo della fossa, e quindi non sappiamo quali forme di vita vi siano più comuni.



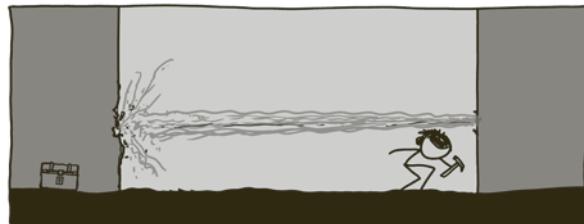
Dopo che sarà passato il Sole, rimarrai al buio completo per altri sei mesi: forse sarà il momento di salire sul tuo ascensore e tornare in superficie.



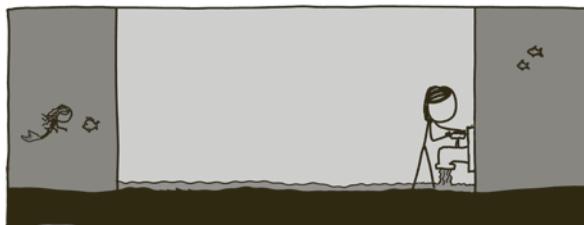
Se non hai un ascensore, puoi sempre provare a tornare in superficie in modo divertente: fai un buco sulla parete del tubo e aspetta.



Se decidi di fare un buco sulla parete del tubo, non ti ci mettere di fronte. L'enorme pressione dell'acqua dell'Abisso Challenger scaglierebbe attraverso l'apertura un getto d'acqua supersonico.



Se aprissi completamente il fondo del tubo e permettessi al mare di allagarlo liberamente, la colonna d'acqua si abbatterebbe a Mach 1,3. Se provassi a cavalcare questo getto verso l'alto, non sopravvivresti alla violenta accelerazione dell'impatto iniziale dell'acqua. Per risalire in sicurezza, è necessario far sì che il tubo inizi a riempirsi in modo più lento e più controllato.



Una volta che si saranno riempiti il primo chilometro o due del tubo, sarà possibile aprire completamente il fondo senza subire accelerazioni violente e pericolose. Se avessi una specie di pistone gigante per mantenere tutta l'acqua sotto di te, l'accelerazione ti farebbe saltare fuori dal tubo in meno di un minuto. Nel momento in cui raggiungessi l'apertura in alto, procederesti a 800 chilometri all'ora e verresti trasportato in alto sopra la superficie dell'oceano su uno zampillo di acqua gelida.



Sorprendentemente, questa fontana potrebbe continuare a fluire anche dopo che te ne sarai andato. Nel 1956 l'oceanografo Henry Stommel descrisse la possibilità che, a causa delle differenze di temperatura e salinità tra i diversi livelli dell'oceano, se si collegassero la superficie e le profondità con un tubo e vi si facesse scorrere l'acqua, potrebbe continuare a fluire indefinitamente.

Non è che il tubo creerebbe un moto perpetuo. Il flusso costante sarebbe possibile perché la superficie e il fondo dell'oceano non sono del tutto in equilibrio, grazie a una sottile asimmetria nel modo in cui la temperatura e la salinità si equalizzano. Poiché l'acqua all'interno del tubo può equalizzare la temperatura con l'ambiente circostante attraverso la parete del tubo, ma non scambiare salinità, secondo i calcoli di Stommel il tubo potrebbe sconvolgere l'equilibrio e causare una miscelazione dell'oceano. Un esperimento del 2003 con un tubo in PVC sopra la Fossa delle Marianne (che non si estendeva fino in fondo!) ha confermato che questo effetto potrebbe causare un lento scambio d'acqua.

È stato suggerito che tale meccanismo si possa usare per raffreddare la superficie dell'oceano in modo da indebolire gli uragani, rendere più fertile l'acqua con sostanze nutrienti dalle acque profonde per incoraggiare la crescita di organismi o smaltire i rifiuti. Lo stesso Stommel era scettico. Concludeva il suo articolo del 1956 commentando: "Sembra prematuro dilungarsi sull'improbabile importanza pratica di questo fenomeno," e osservava che "come fonte di energia è piuttosto poco promettente. Quindi resta essenzialmente una curiosità."

I NOSTRI RICERCATORI HANNO SVILUPPATO  
UN METODO PER MISCELARE LE PROFONDITÀ  
E LA SUPERFICIE DELL'OCEANO.



## 31. SCATOLE DA SCARPE COSTOSE

D

Quale sarebbe il modo più dispendioso possibile per riempire una scatola da scarpe taglia 45 (per es., con schede Micro SD da 64 GB tutte piene di musica acquistata legalmente)?

Rick

Il limite per il valore di una scatola da scarpe sembra sia circa 2 miliardi di dollari. Sorprendentemente, si riottiene questo risultato con numerosi possibili modi per riempirla.



Le schede Micro SD sono una buona idea. Supponiamo di riempirle con brani che costano circa un dollaro ciascuno; le schede Micro SD hanno una capacità di circa 0,42 petabyte al litro. Una scatola da scarpe da uomo taglia 45 ha un volume di circa 10-15 litri, a seconda della marca e del tipo di scarpa, il che significa che può contenere fino a 1,5 miliardi di brani da quattro megabyte. (Oppure 1,5 miliardi di copie di una stessa canzone, se c'è un cantante a cui tieni proprio tanto.)

Costosi software aziendali possono avere un rapporto costo/megabyte leggermente superiore, poiché spesso hanno un prezzo al dettaglio di migliaia di dollari e occupano qualche gigabyte.

Una volta che cominciamo a prendere in considerazione i prezzi del software, probabilmente possiamo aumentare fin dove vogliamo il “costo” delle cose dentro una scatola da

scarpe rivolgendoci alle crittovalute o effettuando acquisti in-app illimitati in certi giochi a pagamento per dispositivi mobili. E anche se sul telefono il personaggio così ottenuto può tecnicamente rappresentare il risultato dell'aver speso tutti quei soldi, è difficile asserire seriamente da qualunque punto di vista che quel personaggio valga 1000 miliardi di dollari.

CARI CONCITTADINI STATUNITENSI,  
C'È STATO UN INATTESO INCREMENTO  
DI 2000 MILIARDI DI DOLLARI  
NEL NOSTRO DEBITO NAZIONALE.

PASSANDO A TUTT'ALTRO ARGOMENTO,  
GUARDATE QUANTE SPADE INCREDIBILI  
HA IL MIO PERSONAGGIO!



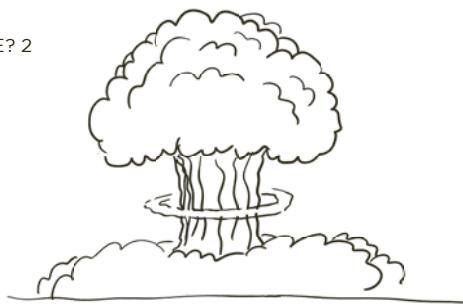
Quindi pensiamo agli oggetti reali.

C'è l'oro, ovviamente. Tredici litri d'oro valgono circa 14 milioni di dollari, al valore del 2021. Il platino è un po' più costoso: 16 milioni/scatola da scarpe, circa dieci volte la densità di valore delle banconote da 100 dollari. D'altra parte, una scatola da scarpe piena d'oro peserebbe quanto un piccolo cavallo e quindi potrebbe essere meno comoda delle banconote da 100 dollari se stiamo andando a fare shopping.

Ci sono metalli più costosi. Un grammo di plutonio puro, per esempio, costerebbe circa 5000 dollari.<sup>1</sup> C'è anche il vantaggio che il plutonio è ancora più denso dell'oro, il che significa che possiamo metterne quasi 300 chilogrammi in una scatola da scarpe.

Prima di spendere 2 miliardi di dollari in plutonio, fa' caso a un dettaglio: la massa critica del plutonio è di circa 10 chilogrammi. Tecnicamente ne potresti mettere 300 chilogrammi in una scatola da scarpe, ma ci riusciresti solo *per un tempo brevissimo*.

<sup>1</sup> Almeno, a quel che capisco da qualche ricerca su Internet. Ah, una cosa che non c'entra: ora sono apparso su vari elenchi di persone a cui sono interessate le polizie internazionali.



I diamanti di alta qualità sono costosi, ma è difficile capirne il prezzo esatto perché l'intero settore è una truffa il mercato delle pietre preziose è molto complesso. Info-Diamond.com dà una quotazione di oltre 200.000 dollari per un brillante perfetto da 600 milligrammi (3 carati), il che significa che una scatola da scarpe piena di brillanti di qualità perfetta potrebbe teoricamente valere 15 miliardi di dollari, anche se, dal momento che dovremmo stipare molti diamanti più piccoli per riempire del tutto la scatola da scarpe, è più realistico arrivare ad appena uno o due miliardi di dollari.



Molte droghe illegali sono, a parità di peso, più preziose dell'oro. Il prezzo della cocaina ha grandi variazioni, ma in molte zone si aggira intorno ai 100 dollari al grammo.<sup>2</sup> L'oro attualmente vale meno della metà. Tuttavia, la cocaina è molto meno densa dell'oro,<sup>3</sup> e quindi una scatola da scarpe piena di cocaina sarebbe meno preziosa di una piena d'oro.

<sup>2</sup> Aggiornamento: ora sono nei rimanenti elenchi di persone che interessano alle autorità.

<sup>3</sup> Ma, un attimo... qual è in realtà la densità della cocaina? Mi sono messo a leggere qua e là una discussione su questo problema in un forum di Straight Dope, meravigliosamente schietta e ricca di citazioni. In molti cercavano di arrivare a fondo della questione; sapevano determinare il punto di ebollizione della cocaina e la sua solubilità in olio d'oliva, ma alla fine hanno rinunciato a determinarne la densità e hanno deciso che probabilmente era di circa 1 chilogrammo per litro, come la maggior parte delle sostanze organiche.

La cocaina non è la droga più costosa al mondo. L'LSD, che viene venduto a microgrammi, costa circa mille volte di più della cocaina a parità di peso: è una delle pochissime sostanze acquistate comunemente che va per incrementi di un microgrammo. Una scatola da scarpe piena di LSD puro varrebbe circa 2,5 miliardi di dollari. Anche i principi attivi nei vaccini sono spesso misurati in microgrammi, quindi pur non essendo altrettanto costosi per dose, anche una scatola da scarpe piena di mRNA o proteine del virus dell'influenza varrebbe miliardi.

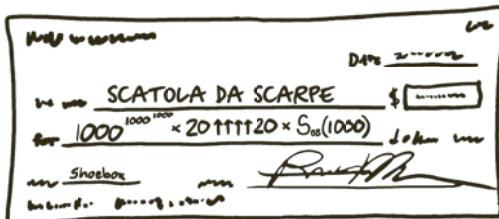
All'altra estremità dello spettro del prezzo per dose, alcuni farmaci non sono particolarmente piccoli, ma sono costosissimi. Una dose di brentuximab vedotin (noto commercialmente come Adcetris) può costare 13.500 dollari, il che porta il suo valore/scatola da scarpe nella stessa fascia di 2 miliardi di dollari dell'LSD, del plutonio e delle schede Micro SD.

Certo, uno potrebbe sempre mettere delle scarpe nella scatola da scarpe.

Le scarpe che portava Judy Garland nel *Mago di Oz* sono state vendute all'asta per 666.000 dollari e, a differenza delle altre cose che abbiamo considerato, in qualche momento forse sono state davvero in una scatola da scarpe.

Se volessi davvero riempire una scatola da scarpe con una quantità di denaro arbitrariamente elevata, potresti convincere l'erario degli Stati Uniti a coniarti una moneta di platino del valore di 1000 miliardi di dollari, cosa che, per via di una scappatoia in una legge sul conio di monete commemorative, è tecnicamente autorizzato a fare.<sup>4</sup>

Ma se non hai problemi a sfruttare l'autorità del sistema monetario di conferire valore a un oggetto inanimato arbitrario...



... basta che scrivi un assegno.

<sup>4</sup> Se tutto va bene, nel momento in cui leggerete, questa scappatoia continuerà a essere solo una bizzarra curiosità.

## 32. BUSSOLA A RISONANZA MAGNETICA

D

Perché le bussole non puntano verso il più vicino ospedale, per via del campo magnetico dei macchinari per la risonanza magnetica?

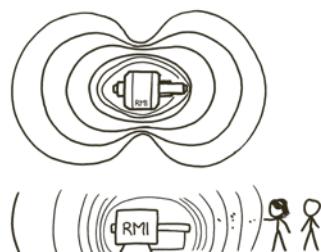
**D. Hughes**

**Lo fanno, e può essere** un problema!

OH NO! LA MIA COLLEZIONE  
DI AUDIOTASSETTE RARE, CARTE  
DI CREDITO E LIMATURA DI FERRO!



Gli apparecchi per la risonanza magnetica (RMI) per uso medico contengono potenti magneti. Sono schermati, e quindi le zone in cui il campo magnetico è più intenso sono contenute all'interno della macchina, ma tutt'attorno si estende un campo più debole. Questo "campo marginale" decade rapidamente allontanandosi dal macchinario, ma la sua influenza si può ancora percepire a una certa distanza.



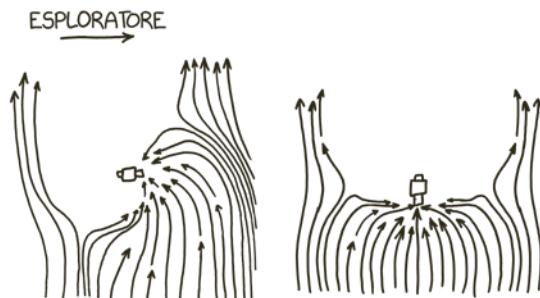
Il manuale di un diffuso scanner RMN afferma che, per evitare che i campi marginali possano causare danni, è bene tenere lontani dalla macchina certi oggetti sensibili. Suggerisce che carte di credito e piccoli motori non vengano portati a meno di 3 metri di distanza, computer e unità disco dovrebbero essere tenuti a 4 metri, pacemaker e apparecchi a raggi X a 5 metri, mentre i microscopi elettronici vanno tenuti a 8 metri di distanza.



Se provi a camminare verso il polo nord magnetico terrestre usando una bussola, il campo marginale di un apparecchio per l'RMN ti potrebbe deviare dal percorso, ma solo se passi abbastanza vicino. L'intensità del campo magnetico terrestre varia da luogo a luogo, ma in genere è compresa tra 20 e 70  $\mu\text{T}$ . Il campo marginale di uno scanner RMN scende al di sotto di questo livello a una distanza di circa 10 metri: quindi è questa all'incirca la distanza massima a cui potresti catturare qualcuno che si orienta con una bussola.



Il percorso della persona catturata si incurverebbe, allontanandosi dal polo nord del magnete del RMN e avvicinandosi al suo polo sud:



*Può sembrare strano che se uno sta procedendo verso il polo nord della Terra venga attratto dal polo sud dell'apparecchio per la RMI, ma succede perché i nomi dei poli della Terra sono scambiati. L'estremità "nord" di un magnete è quella che punta verso il polo nord della Terra, il che significa che il polo nord magnetico della Terra è tecnicamente un polo sud magnetico e viceversa. È una cosa che mi dà un profondo fastidio, ma non ci possiamo fare niente, e quindi tanto vale lasciar perdere.*

Se qualcuno, partendo in mezzo all'America del Nord, cercasse di camminare verso il polo nord magnetico e noi lo volessimo catturare posizionando uno scanner RMI in un punto a caso del Canada, la probabilità di deviarlo sarebbe circa 1 su 500.000. Secondo il Canadian Medical Imaging Inventory, nel 2020 in Canada erano in funzione 378 apparecchi per la risonanza magnetica, il che significa che disperdendoli in tutto il Canada si potrebbe creare una rete magnetica<sup>1</sup> che cattureremmo circa 1 esploratore in cerca del polo su 1300. Gli altri 1299 raggiungerebbero il vero polo nord magnetico: quindi, persino con centinaia di apparecchi, sarebbe un metodo piuttosto inefficiente per catturare gli esploratori.

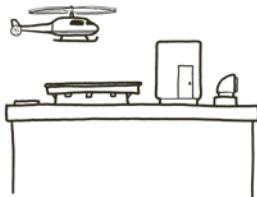


<sup>1</sup> Detta anche, più semplicemente, "magnete".

Ma l'intera situazione non è così assurda come sembra.

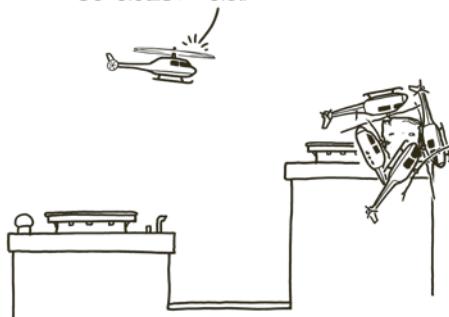
Sebbene i campi magnetici delle macchine per la risonanza magnetica non siano abbastanza intensi da attirare esploratori che vanno in giro guidati da una bussola, occasionalmente hanno fatto, su scala più piccola, qualche scherzetto.

Un rapporto del 1993 del dipartimento dei trasporti degli Stati Uniti descriveva un incidente in cui un'eliambulanza stava per atterrare nell'eliporto sul tetto di un ospedale. Mentre l'elicottero si avvicinava alla piattaforma, all'improvviso la bussola magnetica e alcune apparecchiature correlate indicarono che l'elicottero aveva ruotato inaspettatamente di 60 gradi. Per fortuna il pilota riuscì a ignorare le letture errate degli strumenti e ad atterrare in sicurezza. Il colpevole si rivelò uno scanner RMI in un rimorchio parcheggiato vicino all'eliporto.



Quindi non devi preoccuparti che una macchina per la risonanza magnetica disturbi le tue escursioni con la bussola attraverso la foresta. Se invece stai atterrando con un elicottero vicino a un ospedale, sta' attento.

ATTERRIAMO SULL'ALTRO HELIPAD.  
HO UN BRUTTO PRESENTIMENTO  
SU QUESTO QUI.



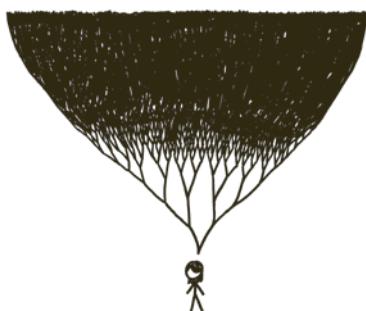
### 33. ANTENATI ESPONENZIALI

D

Ho notato di recente che il numero di persone in un albero genealogico aumenta esponenzialmente a ogni generazione: ho 2 genitori, 4 nonni, 8 bisnonni e così via.

Questo mi ha dato da pensare: quasi tutti discendono dalla maggioranza degli *Homo sapiens* mai vissuti? E se no, da che percentuale di tutti gli esseri umani discendo?

Seamus

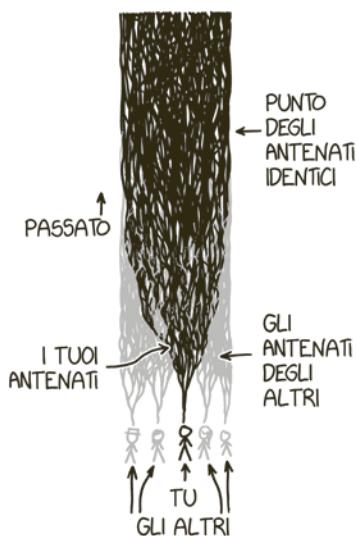


**Non discendi dalla maggior parte** degli esseri umani che siano mai vissuti. Probabilmente discenderai da qualcosa come il 10%, anche se è difficile calcolare un numero preciso.

La persona media ha due genitori e, esclusi i periodi di declino globale della popolazione, una media di almeno due figli. Ciò significa che sia i nostri antenati sia i nostri discendenti tendono a crescere in modo esponenziale. Sia procedendo in avanti che

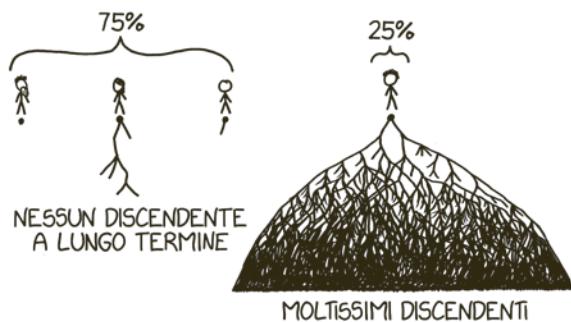
indietro nel tempo, l'insieme delle persone con cui siamo imparentati cresce. Ogni figlio collega due alberi genealogici e ogni linea di discendenza che sopravvive per più di qualche generazione tende a crescere in modo esponenziale fino a includere tutti.

Il nostro insieme di antenati cresce allo stesso modo. Ciascuno dei tuoi antenati rappresenta la fusione di due alberi genealogici e quindi, man mano che ci si sposta all'indietro, rientrano sempre più persone. È possibile che di tanto in tanto il tuo albero genealogico si restringa mentre lo ripercorri a ritroso, per esempio se avevi un gruppo di antenati che sono rimasti isolati per molte generazioni, ma non si estingue mai. Se lo segui abbastanza indietro, l'implacabile raddoppio fa sì che alla fine raggiungerai un momento in cui tutte le discendenze sopravvissute sono assorbite nel tuo albero genealogico. A quel punto, tutte le persone che hanno discendenti sono tuoi antenati e tu e tutti gli altri esseri umani avete lo stesso insieme di antenati.

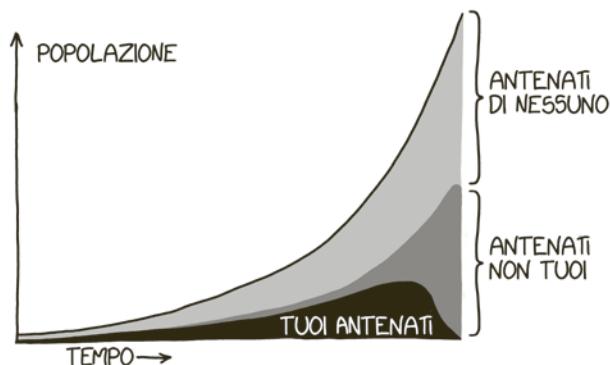


Una simulazione del 2004 di Douglas L. T. Rohde e collaboratori stima che il punto degli antenati identici sia probabilmente tra il 5000 e il 2000 a.e.v. Chiunque sia vissuto allora e abbia lasciato dei discendenti è un antenato di tutti. Ogni famiglia di quella data si è estinta oppure si è allargata al punto di includere tutti gli esseri umani viventi, e quindi tutti gli esseri umani viventi condividono lo stesso insieme di antenati da quel momento andando a ritroso.

La maggior parte delle persone che hanno figli finiscono per dare un contributo a questo albero genealogico. Rohde e collaboratori stimano che, nelle popolazioni umane, il 60% degli individui che hanno avuto figli finisce permanentemente nell'albero genealogico e che il 73% delle persone sopravvissute fino all'età adulta abbia avuto figli. Se assumiamo, sulla base degli studi sulla mortalità infantile storica, che il 55% degli esseri umani sopravviva fino all'età adulta, ciò implica che circa il 25% di tutti gli esseri umani abbiano avuto figli e abbiano lasciato una discendenza permanente.



Se mettiamo insieme questo valore e le stime storiche sulla popolazione e sui tassi di natalità, possiamo dedurre che prima del punto degli antenati identici siano vissuti circa 20 miliardi di esseri umani, il che significa che circa 5 miliardi sono tuoi antenati.

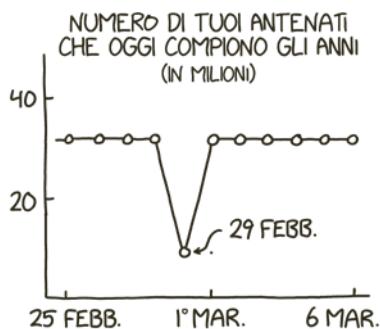


Dopo il punto degli antenati identici, l'insieme dei tuoi antenati non si sovrappone più esattamente a quello di tutti gli altri, ma comprende ancora molte persone.

Prima di quel punto il tuo albero genealogico assomiglia a un ruscello in cui l'acqua si intreccia. Solo nell'ultimo millennio circa si rimpicciolisce e comincia ad assomigliare a un albero. In questo periodo ti si aggiungono qualcosa come altri 5-10 miliardi di antenati.

Nel complesso il tuo albero genealogico include probabilmente fra i 10 e i 15 miliardi di esseri umani, sui circa 120 miliardi vissuti in tutti i tempi. Ciò significa che, secondo il calendario moderno, oggi 33 milioni di loro compiono gli anni.

A meno che non sia il 29 febbraio.



D

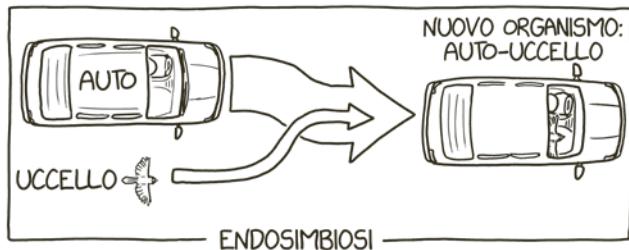
Sono un umile studente universitario che sta guidando un'automobile senza aria condizionata, e quindi quando mi muovo i finestrini sono quasi sempre abbassati. E comincio a pensare: se per caso un uccello volasse esattamente alla mia stessa velocità e direzione e io sterzassi per farlo finire dentro la macchina... cosa accadrebbe, oltre al fatto che ci sarebbe un uccello arrabbiato? Continuerebbe a volare? Sbatterebbe contro il parabrezza? Cadrebbe sul sedile? Io e il mio compagno di stanza arriviamo a conclusioni diverse. Qualunque aiuto a risolvere la questione ci migliorerebbe la vita.

Hunter W.

**È il tipo di cosa** che sembra che non possa funzionare, ma per quanto mi addolori dirlo, in realtà potrebbe. L'uccello sarebbe sicuramente confuso e arrabbiato, ma se in qualche modo lo cogli di sorpresa ed esegui con successo la manovra, probabilmente la cattura non gli creerebbe problemi. Congratulazioni per il tuo nuovo uccellino.



Diamo un'occhiata a cosa succede nel momento in cui sterzi per inghiottire l'uccello con la tua auto.



Supponiamo che tu e l'uccello stiate viaggiando entrambi a 70 chilometri orari. Subito dopo che avrai sterzato per inghiottirlo, continuerete a procedere a 70 chilometri orari: l'uccello sarà semplicemente all'interno dell'automobile. Dal suo punto di vista, stava volando contro un vento contrario di 70 chilometri orari mentre tu ti affiancavi.

Per volare a velocità costante, gli uccelli battono le ali.<sup>[senza fonte]</sup> Un uccello in rapido movimento subisce molta resistenza da parte dell'aria e la contrasta battendo le ali per produrre spinta.

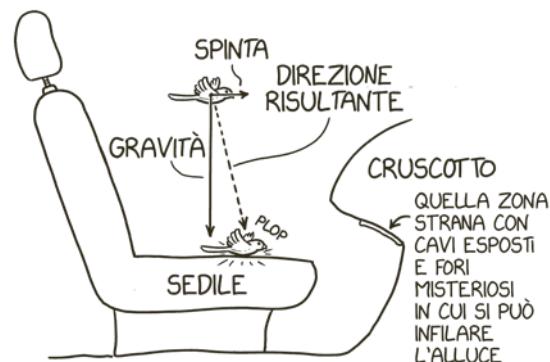
L'aria all'interno dell'auto si muove a 70 chilometri orari. Quando l'uccello attraversa il finestrino, il vento contrario in cui volava svanirà bruscamente. Anche senza resistenza, le ali continuano a produrre spinta e quindi se continua a batterle l'uccello inizierà ad accelerare in avanti rispetto all'auto, come quando uno corre su un tapis roulant che smette bruscamente di muoversi.

Una poiana al larghe che vola a una velocità di 70 chilometri orari incontra circa un terzo di newton di resistenza, il che significa che battendo le ali deve produrre

un terzo di newton di spinta per contrastarla.<sup>1</sup> Se il rapace continuasse a battere allo stesso modo una volta svanita la resistenza, questa spinta comincerebbe ad accelerarlo in avanti.

Se tutte le altre forze rimanessero invariate, quel terzo di newton di spinta sarebbe sufficiente per accelerare la poiana verso la parte anteriore dell'auto a 1 metri al secondo quadrato, facendola urtare dolcemente contro il parabrezza nel giro di un paio di secondi. Ma non è vero che tutte le altre forze rimangono invariate.

Senza il vento che arriva contro, le ali della poiana non fornirebbero più portanza e lei si ritroverebbe improvvisamente a cadere. La gravità la accelererebbe verso il basso a 9,8 metri al secondo quadrato, molto più dell'accelerazione in avanti di 1 metro al secondo quadrato derivante dal battere le ali.



Le due forze si unirebbero per far cadere la poiana sul sedile del passeggero.

Ma stiamo trascurando un fattore importantissimo, che è il modo in cui reagirebbe l'uccello. La maggior parte degli uccelli non *vuole* fare un giro in macchina con te.<sup>[senza fonte]</sup> Gli uccelli spaventati spesso cercano di alzarsi in volo verso quello che sembra uno spazio aperto, e spesso è così che finiscono contro una finestra. Se la finestra è sufficientemente vicina, l'uccello non ha il tempo di aumentare la velocità a sufficienza per farsi troppo male, motivo per cui la Audubon Society raccomanda, se non è possibile mettere le mangiaote per uccelli a più di 10 metri di distanza da una finestra, di metterle a *meno* di un metro.

<sup>1</sup> Questo spiega perché le poiane quando migrano planano invece di battere continuamente le ali: farlo per otto ore consumerebbe l'intero budget metabolico giornaliero.

Il parabrezza dell'automobile potrebbe essere troppo vicino perché l'uccello si ferisca seriamente, ma di certo è meglio se l'uccello non ci finisce contro. Dici che tieni i finestrini abbassati e quindi si spera che in questa situazione improbabile l'uccello riesca a ritrovare l'uscita senza farsi male.

Se l'uccello non *vuole* lasciare l'auto, è un problema completamente diverso e probabilmente dovrà contattare un riabilitatore di fauna selvatica per farti aiutare.

O magari l'uccello è solo stanco di doversi sempre spostare in volo. Forse, per una volta, apprezza un passaggio.



## 35. CORSE AUTOMOBILISTICHE SENZA REGOLE

D

Se si eliminassero tutte le regole delle corse automobilistiche e si organizzasse una gara che consista semplicemente nel far fare a un essere umano il giro di una pista per 200 volte in meno tempo possibile, quale sarebbe la strategia migliore? Diciamo che il pilota deve sopravvivere.

**Hunter Freyer**

**Il miglior risultato possibile** è circa 90 minuti.

Ci sono molti modi per costruire il veicolo: un'auto elettrica con ruote progettate per far presa sulla pista in curva, un hovercraft a razzo o una navetta che corre lungo una rotaia: in ogni caso è piuttosto facile sviluppare un veicolo così efficiente che è l'essere umano il punto debole.

Il problema è l'accelerazione. Sulle parti curve della pista, i piloti subiranno intense forze g. La Daytona International Speedway in Florida ha due curve principali e se i veicoli le affrontassero a velocità troppo elevata, i conducenti morirebbero a causa della sola accelerazione.

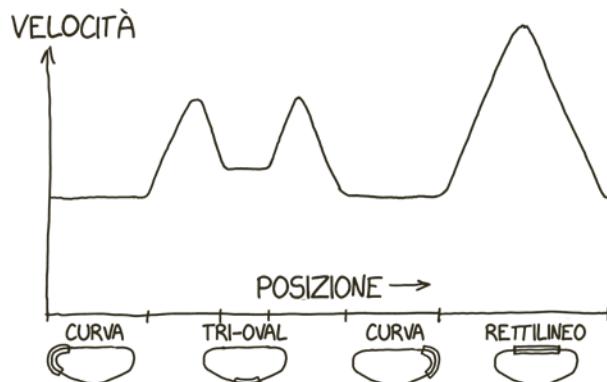


Per periodi brevissimi, come durante un incidente stradale, è possibile essere sottoposti a centinaia di g e sopravvivere. (Un g è la spinta che si percepisce stando al livello del mare sotto l'effetto della gravità terrestre.) I piloti di caccia, durante una manovra, possono provare fino a 10 g e, forse per questo, 10 g sono spesso usati come limite approssimativo di quello a cui può essere sottoposto un essere umano. I piloti di caccia, però, sono sottoposti a 10 g solo per periodi molto brevi, mentre il nostro guidatore li subirebbe a ripetizione, per minuti e probabilmente ore.

Poiché i lanci di missili comportano un'accelerazione prolungata, la NASA ha svolto ricerche approfondite sulla tolleranza dell'uomo all'accelerazione. Ma i dati più curiosi vengono da un ufficiale dell'Air Force di nome John Paul Stapp. Stapp si legò a una slitta a razzo e spinse fino al limite il proprio corpo, prendendo appunti dettagliati dopo ogni tentativo. Era un personaggio memorabile; in un articolo di Nick T. Spark che descriveva questi esperimenti su *Wings & Airpower Magazine* compare la frase "... a Stapp fu conferito il grado di maggiore [e gli fu] ricordato il limite di 18 g per la sopravvivenza umana".

Nonostante i brevi esperimenti di Stapp con accelerazioni estremamente elevate, la maggior parte dei dati mostra che per periodi dell'ordine di un'ora gli esseri umani normali possono resistere solo ad accelerazioni fino a 3-6 g. Se limitiamo il nostro veicolo a 4 g, la sua velocità massima in curva a Daytona sarà di circa 390 chilometri orari. A questa velocità, completare la gara richiederà circa due ore, il che è decisamente meno di qualsiasi tempo mai realizzato con un'auto reale, ma non *molto* meno.

Un attimo! E i rettilinei? Finora il veicolo accelera durante le curve ma procede per inerzia sui rettilinei. Possiamo invece accelerarlo nei tratti senza curve raggiungendo una velocità maggiore, e poi decelerarlo nuovamente quando ci avviciniamo alla fine del rettilineo. Avremmo così un profilo della velocità come questo:



Questo tipo di percorso a velocità variabile ha l'ulteriore vantaggio che, con alcune manovre accorte lungo la corsa, è possibile mantenere il pilota a un'accelerazione relativamente costante per tutto il tempo, il che potrebbe rendere più facile sopportare le accelerazioni.

Teniamo presente che la direzione dell'accelerazione varierà in continuazione. Le accelerazioni che gli esseri umani sopportano meglio sono quelle in avanti, nella direzione del petto, come quando un guidatore guadagna velocità. La situazione peggiore per il corpo è quando viene accelerato verso il basso, nella direzione dei piedi, il che fa accumulare sangue nella testa.



Per mantenere in vita il nostro pilota, dovremo ruotarlo in modo che sia sempre spinto verso la schiena. (Ma bisogna stare attenti a non cambiare direzione troppo velocemente, altrimenti la forza centrifuga<sup>1</sup> dell'oscillazione del sedile diventerebbe essa stessa letale!)

<sup>1</sup> Mi sono stancato delle discussioni che contrappongono "centrifuga" a "centripeta" e ho deciso di fare una via di mezzo.



Attualmente i piloti più veloci di Daytona impiegano circa 3 ore per completare i 200 giri. Con un limite di 4 g, il nostro pilota finirà la gara in poco meno di 1 ora e 45 minuti. Se alziamo il limite a 6 g, il tempo scende a 1 ora e 20 minuti. A 10 g, ben oltre ciò che gli esseri umani possono tollerare per un lungo periodo, ci vorrebbe ancora un'ora. (Tra l'altro, sul rettilineo verrebbe infranta la barriera del suono.)

Quindi, a parte idee di dubbio valore e non sperimentate come la respirazione liquida – riempire i polmoni con un fluido ossigenato per permettere di resistere ad accelerazioni più elevate – la biologia umana pone, al tempo di percorrenza di Daytona, un limite di più di un'ora.

E se tralasciassimo la regola “sopravvivenza”? In che tempo potremmo fare percorrere la pista a un veicolo?

Immaginiamo un “veicolo” vincolato con cinghie di kevlar a un perno al centro della pista e bilanciato con un contrappeso sull’altro lato. Di fatto, sarebbe una gigantesca centrifuga. Questo ci consente di applicare una delle mie equazioni strane preferite, che dice che il bordo di un disco rotante non può andare più veloce della radice quadrata del carico di rottura specifico<sup>2</sup> del materiale di cui è fatto. Per materiali resistenti come il kevlar, questa velocità è compresa tra 1 e 2 chilometri al secondo. A queste velocità una capsula potrebbe finire la gara in circa 10 minuti, ma sicuramente non con un pilota vivo all’interno.

<sup>2</sup> (Carico di rottura diviso per densità.)

D'accordo, lasciamo perdere la centrifuga. E se costruissimo una specie di pista concava, un po' come una pista per il bob, e ci facessimo rotolare dentro una sfera (il nostro "veicolo")? Purtroppo, l'equazione del disco colpisce di nuovo: la sfera non può rotolare a più di un paio di km/s, altrimenti girerà troppo velocemente e si sgretolerà da sola.

E se invece di farla rotolare la facessimo scivolare? Potremmo immaginare un cubo di diamante che slitta lungo una corsia levigata, anch'essa di diamante. Poiché non ha bisogno di ruotare, potrebbe forse sopravvivere ad accelerazioni maggiori di una sfera che rotola. Tuttavia, lo scorrimento comporterebbe un attrito sostanzialmente maggiore che nel caso della sfera e il nostro diamante potrebbe prendere fuoco.

Per evitare l'attrito, potremmo far levitare la capsula con campi magnetici e renderla sempre più piccola e leggera per farla accelerare e guidarla più facilmente. Ops... senza volere abbiamo costruito un acceleratore di particelle.

E sebbene non soddisfi esattamente i criteri della domanda di Hunter, un acceleratore di particelle è un interessante termine di paragone. Le particelle nel fascio del Large Hadron Collider si avvicinano molto alla velocità della luce. A questa velocità, completano le 500 miglia di una corsa a Daytona (805 chilometri, cioè 30 giri dell'LHC) in 2,7 millisecondi.

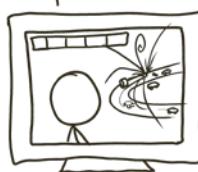
Nel mondo c'è qualcosa come un migliaio di circuiti automobilistici. Il fascio dell'LHC potrebbe correre l'equivalente di una Daytona 500 completa su ciascuna di queste piste, una dopo l'altra, in circa 2 secondi, prima cioè che i piloti arrivino alla prima curva.



SEMBRA CHE JEFF GORDON ABbia COLLISO  
CON UN PROTONE RELATIVISTICO!



LA PISTA È COSPARSA DI MESONI,  
PARTICELLE ESOTICHE E QUALCHE  
NUOVO PILOTA APPENA CREATO.



E questa è *davvero* la massima velocità possibile.

# strane & preoccupanti

#2

D

Cosa accadrebbe se uno mettesse l'imboccatura di un aspirapolvere contro un occhio e lo accendesse?



Kitty Greer

D

È possibile tenere un braccio teso fuori dal finestrino di una macchina e tirare giù dal palo una cassetta delle lettere con un pugno?  
Si può fare senza rompersi la mano?



Ty Gwennap

D

Se i denti continuassero a crescerci, ma quando sono cresciuti del tutto si staccassero e li ingoiassimo, quanto tempo passerebbe prima che la cosa ci crei problemi?

QUESTA DOMANDA  
MI HA GIÀ CREATO  
UN PROBLEMA.



Valen M.

D

Dovendosi difendere, quanta epinefrina (in una EpiPen) servirebbe per atterrare un ipotetico aggressore?

NON TEMERE:  
NE UCCIDE PIÙ L'EPIPEN  
CHE LA SPADA.



Henry M.

## 36. SMARTPHONE A VALVOLE

D

Cosa accadrebbe se un telefono funzionasse a valvole? Quanto dovrebbe essere grande?

**Johnny**



UNA VALVOLA  
TERMOIONICA

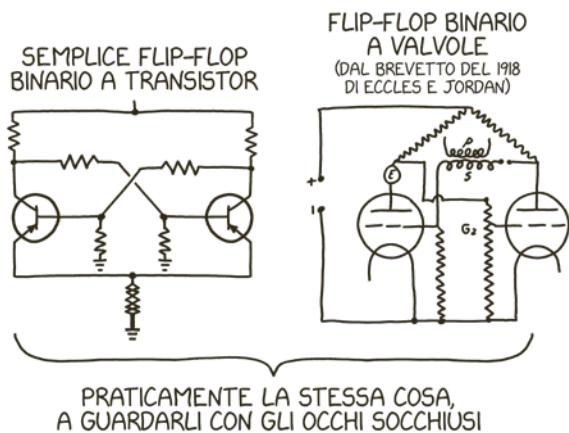


UN TRANSISTOR

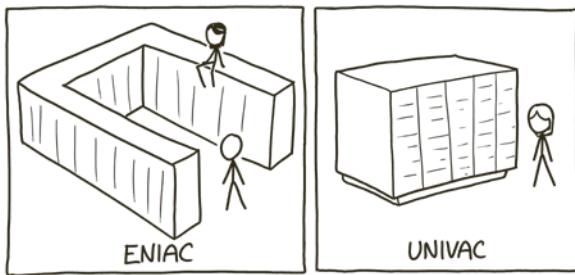
**In linea di principio, qualsiasi** computer costruito con transistor può essere costruito con valvole termoioniche (dette anche tubi a vuoto) e viceversa.

I transistor e le valvole utilizzano meccanismi diversi per fare fondamentalmente la stessa cosa: se ricevono un segnale elettrico, pongono un interruttore in una posizione e, in caso contrario, lo pongono nell'altra. Questo interruttore controlla qualche altro segnale elettrico, che si può usare per dire che cosa fare ad altri interruttori ancora. I circuiti digitali si costruiscono concatenando queste parti insieme, creando complicati insiemi di regole per ricevere input e produrre output.

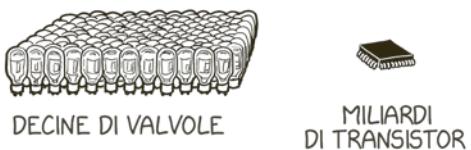
Nella sua tesi di master del 1937 il matematico Claude Shannon mostrò come sia possibile disporre valvole in modo da implementare qualsiasi serie di passaggi logici, indicando il modo per costruire il computer universale di Alan Turing usando componenti elettrici concreti. Negli anni sessanta i transistor hanno sostituito le valvole, perché sono molto più piccoli e più affidabili, ma gli stessi circuiti digitali possono essere composti da entrambi.



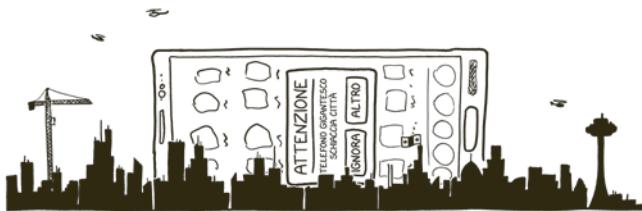
I computer dei primordi erano enormi, per gli standard moderni. L'ENIAC, il primo computer programmabile, era più alto di una persona e lungo 30 metri. L'UNIVAC, un computer commerciale costruito pochi anni dopo, aveva una forma cubica più compatta, ma aveva ancora le dimensioni di una stanza.



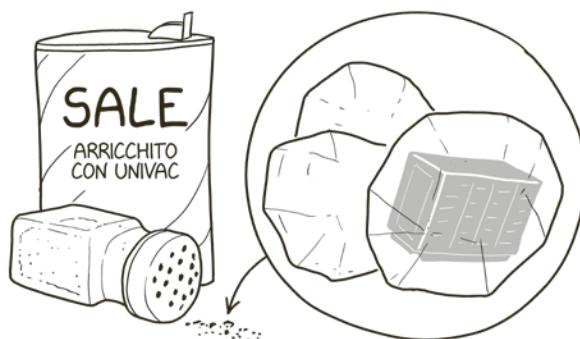
Uno smartphone moderno è più piccolo dell'ENIAC e dell'UNIVAC e ha *molte* più interruttori. L'UNIVAC aveva, racchiuse nel suo involucro di 25 metri cubi, poco più di 5000 valvole. Un iPhone 12 ha, racchiusi nell'involucro di 80 millilitri del telefono, 11,8 miliardi di transistor, cioè circa mille miliardi di volte più computer per litro.



Se costruissimo un iPhone con valvole termoioniche anziché con transistor, stipate insieme con la stessa densità dell'UNIVAC, il telefono poggiato su un bordo avrebbe le dimensioni di cinque isolati.



Viceversa, se costruissimo l'UNIVAC originale con componenti delle dimensioni di quelli dell'iPhone, l'intera macchina sarebbe alta meno di 300 micron, così piccola da poter essere incorporata all'interno di un singolo granello di sale.

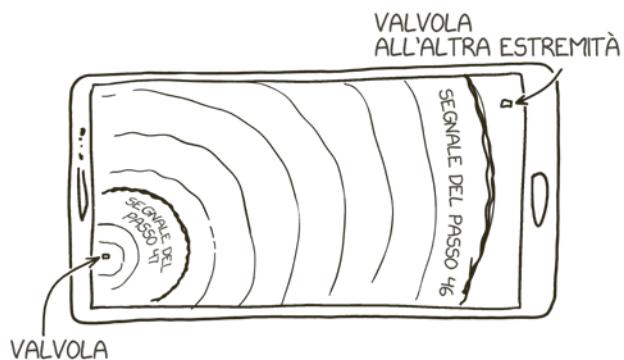


Non sarebbero le valvole a occupare tutto quello spazio. Se potessimo costruire tutte le altre parti del ValvPhone usando componenti moderni, rimpiccioliremmo il tutto. Una valvola termoionica diffusa nei primi tempi dell'informatica era la 7AK7, che aveva all'incirca le dimensioni di un pezzo di gesso per scrivere sul marciapiede; 11,8 miliardi di 7AK7 stipati insieme a forma di iPhone entrerebbero in un unico isolato.



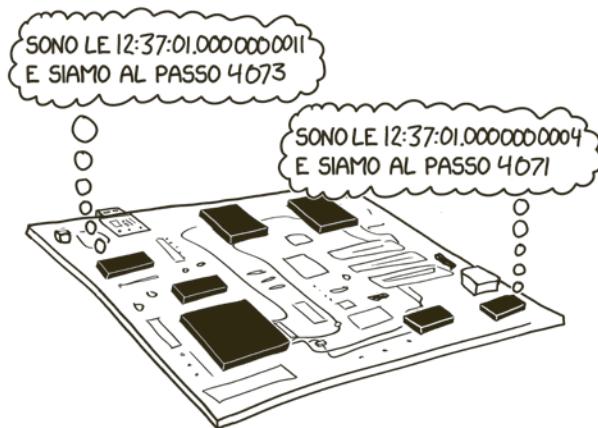
Questo telefono avrebbe dei problemi. Uno è che non funzionerebbe molto velocemente. I circuiti digitali eseguono i passi uno dopo l'altro, e la transizione da un passo all'altro è coordinata da un orologio. Più veloce è l'orologio, più passi il computer può svolgere al secondo. Le valvole sono in realtà abbastanza buone per la commutazione ad alta velocità, ma l'UNIVAC utilizzava ancora un clock da soli 2 MHz, circa 1/1000 della velocità dei computer moderni.

Il nostro telefono sarebbe così grande che dovremmo preoccuparci della velocità della luce. I segnali metterebbero tanto tempo per viaggiare da un'estremità all'altra che le diverse parti del telefono non sarebbero sincronizzate tra loro. Se il telefono funzionasse a 2 MHz, quando l'orologio a un'estremità scandisce un passo, il segnale corrispondente non avrebbe avuto il tempo di raggiungere l'altra estremità del telefono prima del passo successivo.



Per via della velocità da lumaca della luce dovremmo disporre i componenti del telefono in modo che funzionino il più possibile in parallelo. In questo modo, un calcolo a un'estremità non sarebbe bloccato in attesa del risultato di un calcolo all'altra.

Può sembrare strano, ma i computer moderni hanno esattamente lo stesso problema. Se un chip funziona a 3 GHz, i segnali luminosi ed elettrici non hanno il tempo di passare da un'estremità all'altra del computer durante un singolo ciclo di clock. Parti diverse del computer non sono sincronizzate tra loro. Se due componenti sono destinati ad avere scambi frequenti, chi progetta i circuiti stampati li deve posizionare fisicamente vicini tra loro, in modo che non siano limitati dalla bassa velocità della luce.



Il problema che renderebbe davvero inutilizzabile il nostro ValvPhone non è la velocità. È la potenza. Le valvole richiedono un mucchio di elettricità: le 7AK7 consumano vari watt quando sono in funzione, il che significa che il telefono emetterebbe un totale di  $10^{11}$  watt di calore. Quanto si scalderebbe? Possiamo capirlo usando la legge di Stefan-Boltzmann per la potenza irradiata:

$$\text{POTENZA} = A \times (T_{\text{TELEFONO}}^{-4} - T_{\text{AMBIENTE}}^{-4}) \times \epsilon\sigma$$

↓                  ↓                  ↓                  ↑  
AREA ESTERNA    TEMPERATURA    TEMPERATURA    ROBA  
DEL TELEFONO    DEL TELEFONO    DELL'AMBIENTE    DA FISICI

$$T_{\text{TELEFONO}} = \sqrt[4]{\frac{\text{POTENZA}}{A_{\text{ESTERNA}} \times \epsilon\sigma}} - (T_{\text{AMB}})^4 = \sqrt[4]{\frac{10^{11} \text{ WATT}}{100.000 \text{ m}^2 \times \epsilon\sigma}} - (20^\circ)^4$$

$$T_{\text{TELEFONO}} = 1780^\circ\text{C}$$

Se anche il telefono fosse magicamente indistruttibile, non lo è il resto del mondo. Una temperatura di 1780 °C è al di sopra del punto di fusione del granito: quindi, se ti cadesse di mano, il telefono potrebbe fondere la crosta terrestre e attraversarla.

Consiglio una custodia protettiva.



## 37. OMBRELLO LASER

D

Evitare che la pioggia cada su qualcosa usando un ombrello o una tenda è banale.

Potremmo fermare la pioggia con un laser che colpisce e vaporizza ogni goccia che cade prima che arrivi a meno di 3 metri da terra?

Zach

Fermare la pioggia con un laser è una di quelle idee che suona del tutto ragionevole, ma se...

NO, PER NIENTE.



Sebbene l'idea di un ombrello laser possa essere allettante...

NON LO È.



D'accordo. L'idea di fermare la pioggia con un laser è l'argomento di cui stiamo parlando in questo momento.



Non è un'idea molto fattibile.

Per prima cosa, diamo un'occhiata ai requisiti energetici di base. Vaporizzare un litro d'acqua richiede circa 2,6 megajoule,<sup>1</sup> e un forte temporale può far cadere 1,5 centimetri di pioggia all'ora. È uno di quei casi in cui l'equazione non è complicata: basta moltiplicare i 2,6 megajoule per litro per il tasso di precipitazione e si ottiene il fabbisogno di potenza dell'ombrellino laser in watt per metro quadrato di area coperta. È insolito che le unità di misura combacino in modo così semplice:

$$2,6 \frac{\text{megajoule}}{\text{litro}} \times 1,5 \frac{\text{cm}}{\text{ora}} \approx 10.400 \frac{\text{watt}}{\text{m}^2}$$

Dieci kilowatt per metro quadrato sono un ordine di grandezza di potenza in più rispetto a quella fornita in superficie dalla luce solare: quindi l'ambiente circostante si riscalderà velocemente. Di fatto creeresti attorno a te una nuvola di vapore in cui pompi sempre più energia laser.

In altre parole, costruiresti una versione a grandezza d'uomo di un'autoclave, che è un'apparecchiatura usata per sterilizzare gli oggetti attraverso l'incenerimento della materia organica al suo interno. “Incenerimento della materia organica al suo interno” non è una cosa buona per un ombrello.

Ma c'è di peggio! Vaporizzare una goccia d'acqua con un laser è più complicato di quanto sembri.<sup>2</sup> Ci vuole moltissima energia, erogata rapidamente, per vaporizzare la

<sup>1</sup> Serve più energia se l'acqua è più fredda, ma non molta di più. Riscaldare l'acqua fino al punto di ebollizione richiede solo una piccola parte dei 2,6 megajoule. La maggior parte serve a portarla oltre la soglia, da acqua a 100 °C a vapore a 100 °C.

<sup>2</sup> E, a essere onesti, già sembra bello complicato.

goccia senza limitarsi a farla esplodere in goccioline più piccole. Vaporizzare in modo pulito una goccia richiederebbe probabilmente più energia delle quantità già irragionevoli che stavamo considerando.

Poi c'è il problema di colpire il bersaglio. In teoria, probabilmente si può risolvere. La tecnologia dell'ottica adattiva, usata per regolare rapidamente gli specchi dei telescopi per annullare la turbolenza dell'atmosfera, può consentire un controllo incredibilmente veloce e preciso dei fasci di luce. Coprire un'area di 100 metri quadrati (di cui chiedeva Zach nella sua lettera completa) richiederebbe qualcosa come 50.000 impulsi al secondo. È un ritmo abbastanza lento per non incorrere in alcun problema *diretto* con la relatività, ma il dispositivo dovrebbe, quanto meno, essere molto più complicato di un semplice puntatore laser su una base girevole.

Potrebbe sembrare più facile ignorare completamente il puntamento e limitarsi a sparare laser in direzioni casuali.<sup>3</sup> Se puntiamo un raggio laser in una direzione a caso, a che distanza arriva prima di colpire una goccia? È una domanda a cui è abbastanza facile rispondere; è come chiedere a che distanza si può vedere sotto la pioggia, e la risposta è: almeno varie centinaia di metri. A meno che tu non stia cercando di proteggere l'intero quartiere, sparare potenti laser in direzioni casuali probabilmente non aiuterà.

E, francamente, se invece *stai* cercando di proteggere tutto il tuo quartiere...



... sparare potenti laser in direzioni casuali *sicuramente* non aiuterà.

<sup>3</sup> Anzi, c'è qualche problema che questa strategia *non* risolve?

## 38. MANGIARE UNA NUVOLA

D

Una persona potrebbe mangiare  
una nuvola intera?

Tak

Sicuramente no, se prima non ne strizzi via l'aria.

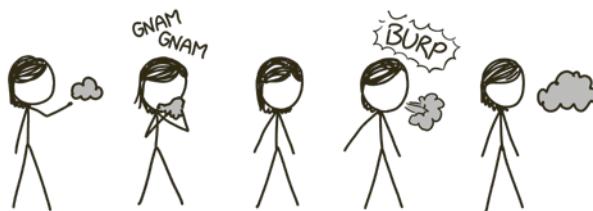


Le nuvole sono fatte di acqua, che è commestibile. O anzi, bevibile. Potabile? Non sono mai stato sicuro di dove sia il confine tra mangiare e bere.



Le nuvole contengono anche aria. Di solito non la consideriamo come parte del cibo, poiché fuoriesce dalla bocca mentre mastichiamo o, in alcuni casi, poco dopo la deglutizione.

Certo, si potrebbe mettere un pezzo di nuvola in bocca e ingoiare l'acqua che contiene. Il problema è che si dovrà far uscire l'aria, ma l'aria che è stata all'interno del corpo avrà assorbito molta umidità. Quando esce dalla bocca, porterà con sé questa umidità e, una volta che incontra l'aria fresca vicino alla nuvola, si condenserà. In altre parole, se provi a mangiare una nuvola, rutterai un altro po' di nuvola a velocità maggiore di quella a cui la mangi.



Ma se riesci a raccogliere le sole goccioline – magari facendo passare la nuvola attraverso una maglia fine e strizzandone l'acqua, o ionizzando le goccioline e raccogliendole su fili carichi – potresti sicuramente mangiare una piccola nuvola.

Un soffice cumulo delle dimensioni di una villetta contiene circa un litro di acqua liquida, cioè due o tre bicchieri grandi, che è all'incirca il volume che uno stomaco umano può contenere contemporaneamente. Non potresti mangiare una nuvola enorme, ma potresti senz'altro mangiarne una di quelle piccole, delle dimensioni di una casa, che oscurano brevemente il Sole per un secondo o due quando ci passano sopra.



Una nuvola è più o meno l'oggetto più grande che si potrebbe mangiare in una singola volta. Non ci sono molte cose più gonfie e a densità inferiore. La panna montata sembra bella soffice, ma ha una densità che è il 15% di quella dell'acqua,<sup>1</sup> quindi sei litri di panna montata peserebbero quasi un chilo. Anche tenendo conto di tutta l'aria che ne uscirebbe, non potresti mangiarne più di un secchiello. Lo zucchero filato, uno degli alimenti più simili alle nuvole, ha una densità molto bassa, circa il 5% di quella dell'acqua, il che significa che in teoria potresti mangiarne 20-30 litri in una sola volta. Non sarebbe necessariamente *salutare*, ma sarebbe possibile. Ma anche se passassi tutta la vita a mangiare zucchero filato, non riusciresti a consumarne un volume pari a una villetta, soprattutto perché non mangiare altro che zucchero filato potrebbe incidere sulla durata della tua vita.

Tra le altre sostanze commestibili leggerissime ci sono la neve, le meringhe e i sacchetti di patatine, ma in ogni caso il massimo volume di ognuna di esse che potresti mangiare in una sola seduta è di una trentina di litri.



Quindi, se vuoi mangiare una nuvola, ci devi lavorare un po' su, ma se ci riesci avrai la soddisfazione di sapere che hai mangiato la cosa più grande possibile.

<sup>1</sup> Fonte: Tracy V. Wilson, conduttrice del podcast *Stuff You Missed in History Class*, che aveva a portata di mano una bilancia da cucina e una bomboletta di panna montata quando ho ricevuto questa domanda.

UNA NUVOLA	
VALORI NUTRIZIONALI	
UNA PORZIONE: I NUOVA PORZIONI PER CIELO: INNUMEREVOLI	
CALORIE TOTALI: 0	
% VALORE GIORNALIERO RACCOMANDATO *	
GRASSI TOTALI: 0g	0%
DI CUI ACIDI GRASSI SATURI: 0g	0%
COLESTEROLO: 0g	0%
SALE	0%
CARBOIDRATI TOTALI: 0g	0%
DI CUI ZUCCHERI: 0g	0%
FIBRE: 0g	0%
PROTEINE: OCCASIONALMENTE QUALCHE INSETTO	
CALCIO: 0%	FERRO: 0%*
MAGNESIO: 0%	ZINCO: 0%
* IL CONTENUTO DI FERRO PUÒ ESSERE PIÙ ELEVATO SE VIVETE SOTTOVENTO RISPETTO ALLA CASA DEL CAPITOLO 4	

Ricorda solo di conservare la tua nuvola in una bottiglia riutilizzabile. Non c'è bisogno di sprecare tutta quella plastica!



## 39. TRAMONTI ALTI

D

Poniamo che due persone di statura diversa (159 cm e 206 cm) stiano una accanto all'altra mentre guardano il tramonto.

Quanto più a lungo la persona più alta vedrà il Sole rispetto all'altra?

**Rasmus Bunde Nielsen**

### Oltre un secondo in più!

Il Sole tramonta più tardi per le persone con statura maggiore, perché più in alto sei, più lontano puoi vedere oltre l'orizzonte.



Oltre a vedere i tramonti dopo, le persone più alte vedono prima il sorgere del Sole, il che significa che in generale per loro il dì dura più a lungo. Vicino all'equatore, al livello del mare, ogni centimetro in più di altezza corrisponde a circa 20 secondi di luce in più all'anno, e la differenza è ancora maggiore alle latitudini più elevate. A 30 metri sul livello del mare, l'effetto è minore, ma ogni centimetro di altezza fa comunque guadagnare almeno 4 secondi extra di luce diurna all'anno.



D'altra parte, le persone alte sono sottoposte a venti più intensi, battono la testa più spesso mentre salgono le scale, si scontrano con più ragnatele e hanno maggiori probabilità di essere decapitate da una lama oscillante quando vagano accidentalmente in un antico tempio irto di trappole. (Non so esattamente quale sia la probabilità che *ciò* accada, ma sono sicuro che deve aumentare con la statura.)

L'EQUAZIONE DELLA LAMA  
OSCILLANTE DELLA MORTE

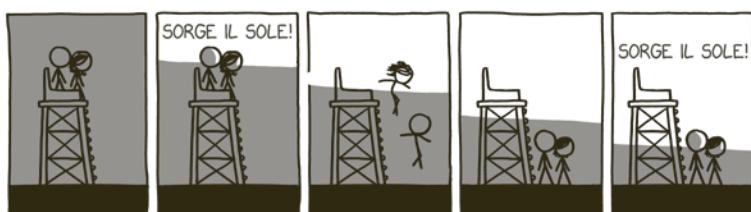
$$P_M = AS$$

$P_M$  = PROBABILITÀ DI MORTE  
DA LAMA OSCILLANTE

S = STATURA

A = COSTANTE IGNOTA

Se hai una buona visuale dell'orizzonte vicino al livello del mare, puoi usare questo effetto dell'altezza per vedere due albe o tramonti di seguito. Serve solo una scala o qualche dislivello lungo cui salire o scendere rapidamente.



È più facile farlo con l'alba che con il tramonto, dal momento che salire le scale velocemente è più difficile che scenderle, ma significa svegliarsi presto.

D'altra parte, se l'obiettivo è godere di più della luce del Sole, svegliarsi presto è un vantaggio in sé. Se vivi circa al livello del mare e normalmente dormi fino a tardi, alzandoti 10 secondi prima ogni giorno avrai più luce diurna, in misura equivalente ad aggiungere 6 metri alla tua statura.

### OPZIONI

(1)



AVERE PIÙ LUCE  
DEL SOLE  
SVEGLIANDOSI  
10 SECONDI PRIMA

(2)



FAR DURARE DI PIÙ  
I TRAMONTI  
GUADAGNANDO  
6 METRI DI ALTEZZA

Comunque, rimanersene a letto è bello.

## 40. LAMPADA LAVA

D

Cosa accadrebbe se mi facessi una lampada lava di vera lava? Che cosa potrei usare come fluido trasparente?  
Quanto potrei avvicinarmi per ammirarla?

**Kathy Johnstone, insegnante di prima media  
(tramite uno studente)**

È un'idea sorprendentemente ragionevole, per gli standard di *Cosa accadrebbe se?* Insomma, non è poi così ragionevole. Quanto meno, immagino che perderesti il posto di insegnante e forse alcuni degli studenti in prima fila. Ma è fattibile.



Ci sono vari materiali trasparenti che possono trattenere la lava senza rompersi e schizzare gocce roventi in metà dell'aula. Il vetro al quarzo fuso sarebbe un'ottima scelta. È lo stesso materiale che si usa nelle lampadine ad alta intensità, la cui superficie

può facilmente raggiungere le temperature medie della lava.<sup>1</sup> Un'altra possibilità è lo zaffiro, che rimane solido fino a 2000 °C ed è comunemente usato per i finestrini delle camere ad alta temperatura.



La domanda su cosa usare per il fluido trasparente è più difficile. Diciamo che abbiamo trovato un vetro trasparente che fonde a basse temperature. Anche se non teniamo conto delle impurità della lava calda che probabilmente lo renderebbero torbido, avremo un problema.<sup>2</sup>

Il vetro fuso è trasparente. Allora perché non *sembra* trasparente?<sup>3</sup> La risposta è semplice: emana luce. Gli oggetti caldi emettono radiazioni di corpo nero; il vetro fuso splende come la lava fusa, e per lo stesso motivo.

Quindi il problema di una lampada lava è che entrambi i componenti saranno ugualmente luminosi e sarà difficile vedere la lava. Potremmo provare a non mettere niente nella metà superiore della lampada. Dopotutto, quando è abbastanza calda, la lava ribolle piuttosto bene da sola. Sfortunatamente, anche la lampada stessa sarebbe a contatto con la lava. Lo zaffiro non si fonde facilmente, ma emetterà anch'esso luce, rendendo difficile vedere qualunque cosa stia facendo la lava all'interno.

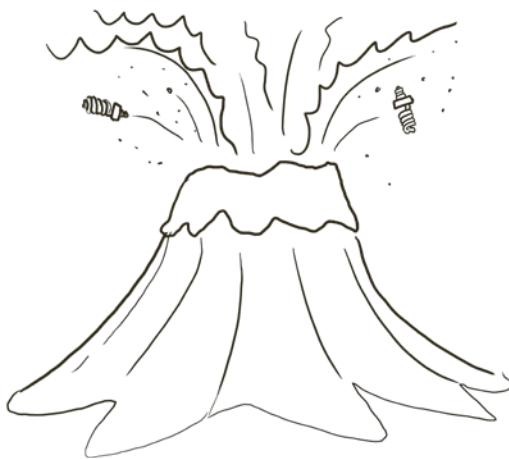
<sup>1</sup> Alcune lampadine per luci di scena dichiarano di poter resistere a temperature fino a 1000 °C, che è una temperatura superiore a quella di molti tipi di lava.

<sup>2</sup> E più avanti, quando la presidenza della scuola lo verrà a sapere, ne avremo un altro.

<sup>3</sup> Il che suona in qualche modo contraddittorio. “Questa musica è rumorosa, ma non *suona* rumorosa.”

A meno di non collegarla a una lampadina molto potente, questa lampada lava si raffredderebbe presto. Come succede nella vita vera alle singole gocce di lava cadute a terra, la lampada si solidificherebbe e smetterebbe di far luce entro il primo minuto, ed entro la fine della lezione probabilmente si potrebbe toccare senza scottarsi.

Una lampada lava solidificata è la cosa meno interessante del mondo. Ma questa idea mi ha dato da pensare: se realizzare una lampada con la lava fusa non è molto entusiasmante, come sarebbe invece un vulcano fatto di lampade?



Probabilmente è il calcolo più inutile che abbia mai fatto,<sup>4</sup> ma... cosa accadrebbe se il monte Sant'Elena eruttasse di nuovo oggi e invece di tefra,<sup>5</sup> scagliasse fuori lampade fluorescenti compatte?

Ebbene, se lo facesse, la quantità di mercurio rilasciato nell'atmosfera sarebbe di diversi ordini di grandezza più grande di tutte le emissioni prodotte dall'uomo messe insieme.<sup>6</sup>

<sup>4</sup> Figuriamoci se è vero.

<sup>5</sup> Il termine tecnico per “qualunque roba venga fuori da un vulcano”.

<sup>6</sup> Il 45% delle quali proviene dall'estrazione dell'oro.



*Mi piace che non è affatto chiaro come debba proseguire questa affermazione. "PIÙ SAI..."<sup>7</sup>  
e cosa? Più sei felice? Più sei colto? Migliori probabilità hai di sopravvivere a un quiz televisivo all'ultimo sangue?  
Se mi occupassi io del programma, lo sostituirei con "L'HAI APPENA IMPARATO".*

Tutto sommato, penso che realizzare una lampada lava con la lava sarebbe un po' deludente. E penso anche che tutto sommato sia un bene che il monte Sant'Elena non abbia eruttato lampade fluorescenti compatte. E penso che, se fossi nella classe della professoressa Johnstone, proverei a sedermi in ultima fila.

<sup>7</sup> Che è il nome di un programma di pubblica utilità della NBC su questioni sociali, culturali ecc. (N.d.T.)

## 41. IL FRIGORIFERO DI SISIFO

D

Ipotizziamo che tutti quelli che hanno un frigorifero o un congelatore li aprano nello stesso momento, all'aperto. Il raffreddamento cambierebbe la temperatura in modo significativo? E, se no, quanti frigoriferi servirebbero per abbassare la temperatura, poniamo di 3 gradi? E per abbassarla pure di più?

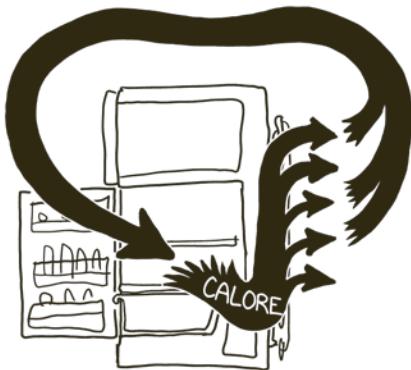
**Nicholas Mittica**

**I frigoriferi non raffreddano l'ambiente** circostante, lo riscaldano.

I frigoriferi funzionano pompando calore dall'interno verso l'esterno. L'interno diventa più freddo e l'esterno diventa più caldo. Se teniamo aperto lo sportello, il frigorifero lotterà all'infinito per assorbire il calore dalla parte anteriore e disperderlo nell'aria attraverso le serpentine, senonché l'aria torna dentro. Quindi deve ricominciare da capo, come Sisifo che spinge eternamente un masso su per una collina.



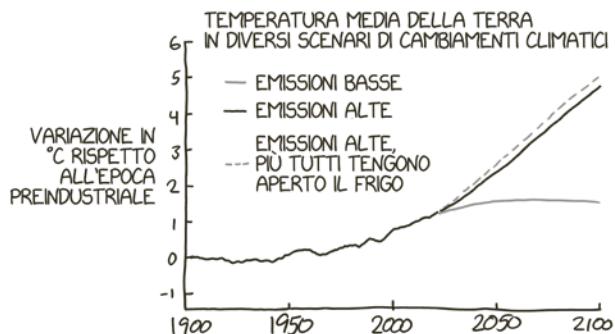
Per spostare tutto questo calore in giro, il frigorifero consuma elettricità, che produce calore aggiuntivo. Un frigorifero in cui il compressore funziona a piena potenza, come succederebbe lasciando lo sportello aperto, può consumare 150 watt. Ciò significa che oltre al calore che trasferirebbe inutilmente dall'interno alle bobine nella parte posteriore, nell'ambiente circostante verrebbero rilasciati altri 150 watt di calore.



Questi 150 watt in più di calore per frigorifero tecnicamente aumenterebbero la temperatura media della Terra, ma solo di poco. Probabilmente oggi ci sono alcune centinaia di milioni di case con frigoriferi, ma persino supponendo che ognuno degli 8 miliardi di persone nel mondo possedesse un frigorifero, e tutti li lasciassero funzionare fuori casa 24 ore su 24, 7 giorni su 7, l'aumento della temperatura globale sarebbe inferiore a 1/1000 di grado centigrado, che non è abbastanza da poterlo misurare.

Ma, nonostante il loro calore di scarto diretto sia trascurabile, quei frigoriferi *renderebbero* la Terra più calda. Gran parte dell'elettricità nelle nostre case proviene dall'impianto di combustibili fossili. Se questi 8 miliardi di frigoriferi esterni fossero alimentati da un mix di fonti di energia simile a quello degli Stati Uniti nel 2022, aggiungerebbero ogni anno qualcosa come 6 miliardi di tonnellate di CO<sub>2</sub> all'atmosfera, circa il 15% delle emissioni globali.

Se le emissioni dai frigoriferi continuassero a rimanere a questo livello per il resto del XXI secolo, i modelli climatici suggeriscono che aggiungerebbero 0,3 °C in più di riscaldamento globale, oltre a tutte le altre cause di riscaldamento dovute agli esseri umani.



Com’è questo a confronto con altri lavori inutili? La mitologia greca narra di Sisifo, che faceva rotolare per sempre un masso su per una collina. La descrizione che ne dà Omero nell’*Odissea* chiarisce che si impegnava molto duramente:

*Sisifo pure vidi, che pene atroci soffriva;  
una rupe gigante reggendo con entrambe le braccia.  
E puntellandosi con le mani e coi piedi,  
la rupe in su spingeva, sul colle: ma quando già stava  
per superare la cima, allora lo travolgeva una forza violenta,  
di nuovo al piano rotolando cadeva la rupe maligna.  
E lui a spingere ancora tendendosi: scorreva il sudore  
colando giù dalle membra; intorno al capo saliva la polvere.*

*Odissea*, XI, 593-600<sup>1</sup>

I dati relativi agli ultramaratoneti mostrano che il limite alla quantità di lavoro che gli esseri umani possono svolgere durante le situazioni di resistenza a lungo termine è 2,5 volte il loro tasso metabolico a riposo. Non saprei neppure da dove cominciare per fare una stima ragionevole sull’apporto calorico di Sisifo, ma chiaramente si allena moltissimo, e quindi usiamo al suo posto Dwayne Johnson, wrestler e attore, noto per essere bello grosso. Ho cercato la statura e il peso di Johnson e li ho inseriti in un calcolatore del metabolismo a riposo, che ha fornito una stima di 2150 calorie al giorno, cioè 105 watt.

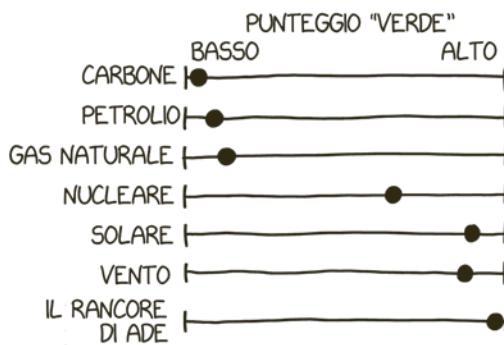
<sup>1</sup> Omero, *Odissea*, trad. di Rosa Calzecchi Onesti, Torino, Einaudi, 1963, p. 325. (N.d.T.)



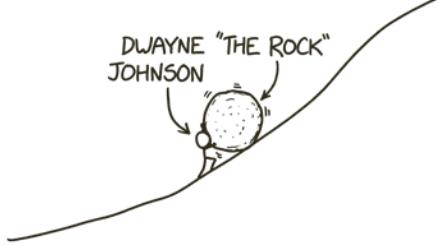
SISIFO DI CORINTO	DWAYNE JOHNSON
MOLTO FORTE	SÌ
FAMOSO PER LE STORIE IN CUI SFUGGE RIPETUTAMENTE ALLA MORTE	SÌ (IL MITO DI SISIFO)
UNA VOLTA HA PRESO IL POSTO DI UN DIO	SÌ (THANATOS, NEL TARTARO)
STATURA E PESO FACILI DA GOOGLEARE	NO
	SÌ (I FILM DI FAST & FURIOUS)
	SÌ (MAU, IN OCEANIA)
	SÌ

Usando il valore di 105 watt per il tasso metabolico di Sisifo, possiamo stimare che la sua potenza massima a lungo termine sarebbe di 260 watt, cioè poco più di un frigorifero aperto.

Quindi, se vi piace l'idea di avere in giardino un oggetto inutile che spreca energia per sempre senza una buona ragione, invece di usare il frigorifero, chiedete a Sisifo di spingere un macigno su per una collina. Paghereste meno di bolletta della luce e l'impatto sul cambiamento climatico sarebbe trascurabile, poiché si alimenterebbe con una fonte di energia rinnovabile (il rancore infinito di Ade, dio degli Inferi).



Se Sisifo non è disponibile, magari potete chiedere a Dwayne Johnson di aiutarvi.



## 42. ALCOOL NEL SANGUE

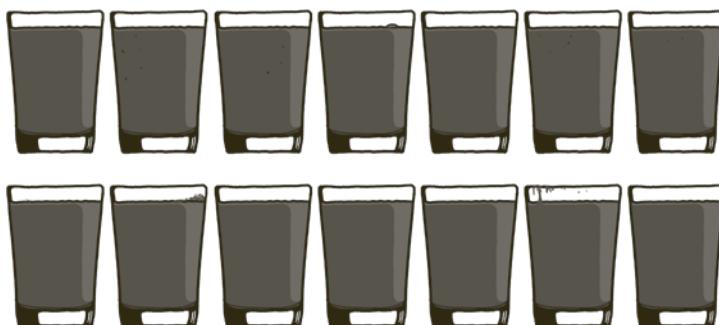
D

Ci si potrebbe ubriacare bevendo il sangue di una persona ubriaca?

**Fin Byrne**

**Dovresti bere un bel po' di sangue.**

Una persona contiene circa 5 litri di sangue, cioè 14 bicchieri.



*Ricordate: si dovrebbero bere 8 bicchieri di sangue al giorno.*

Se una persona ha nel sangue più di circa 0,5% di alcool, ha buone possibilità di morire. C'è stato qualche caso di persone sopravvissute con un livello di alcool nel sangue superiore all'1%, ma la DL<sub>50</sub> – il livello al quale il 50% delle persone morirà – è 0,40 (cioè 0,4%).

Se incontri qualcuno con un tasso alcolemico pari a 0,40 e ne bevi tutti e 14 i bicchieri di sangue in poco tempo,<sup>1</sup> vomiteresti.

NON MI VA DI DISEGNARE UNA  
PERSONA CHE VOMITA  
LITRI DI SANGUE.



ECCO AL SUO POSTO  
UNO SCIATTOLLO.

Non vomiteresti a causa dell'alcool; vomiteresti solo perché stai bevendo sangue. Se in qualche modo avessi evitato di vomitare, avresti ingerito un totale di 20 grammi di etanolo, che è la quantità che ricaveresti da una pinta di birra.



A seconda del peso, bere questa quantità di sangue può aumentare il livello di alcool nel sangue a circa 0,05, il che è tanto basso che in molti paesi si potrebbe guidare legalmente, ma tanto alto da raddoppiare il rischio di un incidente.

Se il tuo tasso alcolemico è 0,05, significa che è passato nel tuo sangue solo 1/8 dell'alcool dal sangue dell'altra persona. Se, dopo che hai bevuto tutto questo sangue, qualcuno ti uccidesse e bevesse il *tu* sangue,<sup>2</sup> avrebbe un tasso pari a 0,006. Se questo procedimento si ripetesse 25 volte, nel sangue dell'ultima persona rimarrebbero meno di 8 molecole di etanolo. Dopo qualche altro ciclo, probabilmente non ce ne sarebbe nessuna;<sup>3</sup> starebbero solo bevendo sangue normale.<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Se bevi tutto il sangue di qualcuno, c'è una probabilità del 100% che muoia.

<sup>2</sup> Ti starebbe bene.

<sup>3</sup> Per gli standard dell'omeopatia, è ancora una concentrazione niente male.

<sup>4</sup> Roba da perdenti.

Che contenga alcool o meno, bere 14 bicchieri di sangue non sarebbe divertente. Non c'è un'enorme quantità di letteratura medica sull'argomento, ma prove aneddotiche da alcuni post particolarmente allarmanti di forum su Internet fanno pensare che se una persona normale tenta di bere più di mezzo litro di sangue vomiterà, come si vede in questa figura:



Se bevete sangue regolarmente, nel corso di un lungo periodo di tempo l'accumulo di ferro nel sistema può causare un sovraccarico di ferro, l'emosiderosi. Questa sindrome, che a volte colpisce le persone sottoposte a ripetute trasfusioni di sangue, è uno dei pochi disturbi per cui il trattamento corretto è il salasso.

Bere il sangue di una persona probabilmente non causerebbe un sovraccarico di ferro, ma potrebbe invece portare a una malattia trasmessa dal sangue. La maggior parte di queste malattie sono causate da virus che non sopravvivono nello stomaco, mentre sono facilmente in grado di penetrare nel sangue mentre si beve, attraverso graffi nella bocca o nella gola.

Tra le malattie che si possono contrarre bevendo il sangue di una persona infetta ci sono l'epatite B e C, l'HIV e le febbri emorragiche virali come un hantavirus ed Ebola. Non sono un medico e cerco di non dare consigli medici nei miei libri. Tuttavia, posso dire con sicurezza che non dovreste bere il sangue di una persona che ha una febbre emorragica virale.

## COSE DA NON FARE (ELenco Aggiornato)

N. 156.818: STRAPPARE VIA LA CROSTA TERRESTRE

N. 156.819: CERCARE DI DIPINGERE IL DESERTO  
DEL SAHARA A MANO

N. 156.820: TOGLIERE A QUALCUNO LE OSSA  
SENZA AVER CHIESTO IL PERMESSO

N. 156.821: SPENDERE IL CENTO PER CENTO DEL BILANCIO  
DEL TUO PAESE IN ACQUISTI IN-APP  
DI UN GIOCO SUL TELEFONO

N. 156.822: RIEMPIRE UNA LAMPADA LAVA DI VERA LAVA

N. 156.823: (NUOVO!) BERERE IL SANGUE DI UNA PERSONA  
CHE HA UNA FEBBRE EMORRAGICA VIRALE

Ciò detto, bere o mangiare sangue non è inaudito. È un tabù in molte culture, ma il “black pudding”, che è fatto in gran parte di sangue, è un piatto tradizionale britannico e ci sono piatti simili in tutto il mondo. I pastori masai dell’Africa orientale un tempo vivevano principalmente di latte, ma a volte bevevano anche sangue, prelevandolo dal loro bestiame e mescolandolo con il latte per formare una sorta di frullato proteico estremo.

La morale è che bere sangue di qualcuno a sufficienza per ubriacarsi sarebbe molto difficile, probabilmente piuttosto sgradevole, e potrebbe trasmettere delle gravi malattie. E questo a prescindere da quanto fossero ubriachi: il sangue stesso farebbe cose terribili al tuo corpo molto prima dell’alcool.



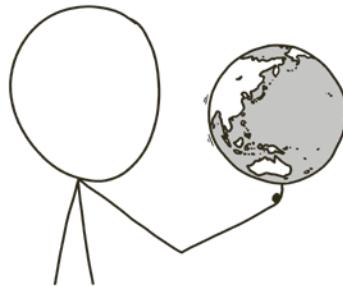
## 43. TERRA DA BASKET

D

Sai quando, per far ruotare una palla da basket sulla punta del dito, la colpisci di lato per farla andare più veloce e stabilizzarla?

Se un meteorite passasse abbastanza vicino alla Terra, la potrebbe far girare più veloce, come la mano con il pallone?

**Zayne Freshley**

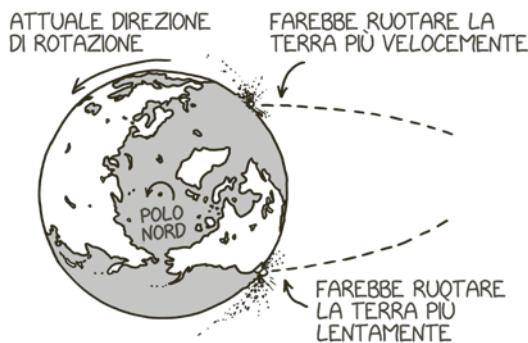


È una di quelle cose che sembra che non debba funzionare in questo modo, mentre invece si scopre che funziona *esattamente* in questo modo.



Quando i meteoriti colpiscono la Terra, o attraversano l'atmosfera, alterano la rotazione del pianeta.

I meteoriti di solito non scendono perfettamente verso il basso quando entrano nell'atmosfera. A meno che non siano orientati esattamente nel modo giusto, arrivano con una certa angolazione, e quindi imprimono alla Terra una piccola rotazione in una direzione o nell'altra. Se vanno verso est, accelerano il pianeta, mentre se vanno verso ovest lo rallentano.



Un meteorite che passa nello spazio vicino alla Terra non ha un effetto misurabile sulla sua rotazione; deve stabilire un contatto fisico con il pianeta. Ma in realtà non è necessario che raggiunga il suolo. Se brucia nell'atmosfera, i suoi frammenti danno pur sempre all'aria una grande spinta e parte di questa aria in movimento prima o poi tira la parte solida per via della resistenza dell'aria.

Persino se il meteorite sfiora l'atmosfera e poi ritorna nello spazio, gran parte della quantità di moto che cede all'atmosfera alla fine viene trasferita alla rotazione terrestre. Queste palle di fuoco che rasentano la Terra sono rare, ma nel 1972 una rimbalzò sull'atmosfera sopra gli Stati Uniti occidentali e il Canada, e altre sono state individuate da astronomi dilettanti, telescopi automatizzati e radar.

La Terra è grande,<sup>[senza fonte]</sup> e quindi è improbabile che impatti anche devastanti con qualche meteorite modifichino più di tanto la durata del giorno. L'impatto di Chicxulub, che sterminò i dinosauri e ha lasciato un cratere di 100 chilometri di diametro, probabilmente variò la durata del giorno appena di qualche millisecondo al massimo. A quasi tutti gli effetti, pochi millisecondi di variazione non sono sufficienti per accorgersene (ma fanno sì che si debba aggiungere un secondo intercalare ogni anno per tenerne conto).



Se ci colpirà qualcosa di paragonabile per dimensioni a una luna o a un pianeta, *potrebbe* cambiare drasticamente la durata del giorno, provocando una devastazione molto maggiore. È probabile che la Luna sia stata creata dai detriti della collisione di un oggetto delle dimensioni di Marte con la Terra mentre quest'ultima si formava. Quell'impatto probabilmente modificò notevolmente la durata del giorno. In un certo senso, portò anche un cambiamento ancor più significativo alla lunghezza del mese...



... creandoli, i mesi.

## 44. RAGNI CONTRO SOLE

D

Che cosa esercita un'attrazione gravitazionale maggiore su di me, il Sole o i ragni? Certo, il Sole è molto più grande, ma anche molto più lontano e, come ho appreso a fisica alle superiori, l'attrazione gravitazionale è inversamente proporzionale al quadrato della distanza.

**Marina Fleming**

**Presa alla lettera, questa domanda** è del tutto ragionevole, anche se sarebbe facile riformularla in modo da renderla del tutto insensata.

CI SONO QUI VICINO PIÙ RAGNI DI QUANTO SIA GRANDE IL SOLE?



L'attrazione gravitazionale di un singolo ragno, per quanto sia pesante, non batterà mai quella del Sole. La tarantola golia<sup>1</sup> pesa quanto una grande mela.<sup>2</sup> Persino se, Dio

<sup>1</sup> La Wikipedia inglese ci fa utilmente notare che, nonostante in inglese si chiami *goliath bird spider*, “solo raramente dà la caccia agli uccelli”.

<sup>2</sup> Questo è corretto sia se parliamo del frutto sia se parliamo di un iPhone con sopra il simbolo della Apple; entrambi pesano circa quanto il ragno.

non voglia, tu ti trovassi alla minima distanza possibile da uno di questi ragni, l'attrazione del Sole sarebbe comunque 50 milioni di volte più intensa.

E tutti i ragni del mondo?

C'è un noto fattoide che afferma che ci troviamo in ogni momento a pochi metri da un ragno. Questo non è vero alla lettera: i ragni non vivono in acqua<sup>3</sup> e quindi possiamo allontanarcene nuotando, e inoltre negli edifici ce ne sono molti meno che nei campi e nelle foreste. Ma quando siamo dalle parti della natura, fosse anche nella tundra artica, probabilmente a pochi metri da noi c'è qualche ragno.

Indipendentemente dal fatto che questo fattoide sia esattamente vero o meno, in giro c'è una gran quantità di ragni. Dire quanti di preciso è difficile, ma possiamo fare una stima approssimativa. Uno studio del 2009 sulla densità dei ragni in Brasile ha trovato numeri dell'ordine di qualche milligrammo di ragni per metro quadrato di suolo boschivo.<sup>4</sup> Se supponiamo che circa il 10% delle terre emerse in tutto il mondo ospiti una simile densità di ragni, e che altrove non ce ne siano, arriviamo a 200 milioni di chilogrammi in tutto il mondo.<sup>5</sup>

Persino se i valori che abbiamo trovato fossero sbagliati di molto, ciò basterebbe per rispondere alla domanda di Marina. Se assumiamo che i ragni siano distribuiti uniformemente sulla superficie della Terra, possiamo usare il teorema del guscio sferico di

Newton per determinare la loro attrazione gravitazionale collettiva sugli oggetti al di fuori della Terra. Svolgendo questi calcoli si scopre che l'attrazione del Sole è superiore di *13 ordini di grandezza*.

Ora, in questo calcolo alcune ipotesi sono false. Le distribuzioni dei ragni sono discrete, non continue,<sup>6</sup>

SONO ABBASTANZA SICURA  
CHE LA SPINTA CHE SENTO  
È IN QUELLA DIREZIONE.



HO SENTITO DIRE CHE, DOVUNQUE  
VAI, NON SEI MAI A PIÙ DI UN  
METRO DA UN ESSERE UMANO.



<sup>3</sup> Con l'eccezione dell'*Argyroneta aquatica*, il ragno palombaro.

<sup>4</sup> Questo valore si riferisce alla massa secca; bisogna moltiplicare per 3 o 4 per ottenere il peso vivo.

<sup>5</sup> In uno studio su campi e pascoli in Nuova Zelanda e Inghilterra si sono rinvenuti numeri a due cifre di ragni per metro quadrato. Se ciascuno pesa circa un milligrammo, e assumiamo ancora una volta che in circa il 10% delle terre emerse si trovi questa densità di ragni, troviamo una biomassa totale di ragni fra i 100 milioni e il miliardo di chilogrammi. Questo, per lo meno, concorda con la nostra prima stima.

<sup>6</sup> I ragni sono quantizzati.

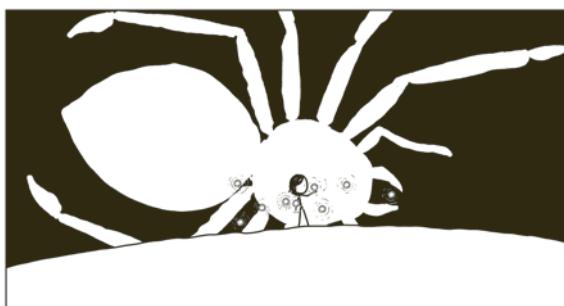
e in alcune zone ci sono più ragni che in altre. E se uno si trovasse in una regione con *molti ragni*?

Nel 2009 l'impianto di trattamento delle acque reflue del fiume Back si è trovato ad affrontare quella che hanno definito una “situazione estrema di ragni”. Come spiega un articolo affascinante e terrificante pubblicato dall'Entomological Society of America,<sup>7</sup> si stima che circa 80 milioni di ragni della famiglia degli araneidi abbiano colonizzato l'impianto, ricoprendo ogni superficie di pesanti strati di ragnatela.<sup>8</sup>

Qual era l'attrazione gravitazionale totale di tutti quei ragni? Per prima cosa ci serve la loro massa; secondo un articolo intitolato “Sexual Cannibalism in Orb-Weaving Spiders: An Economic Model” (“Cannibalismo sessuale negli araneidi: un modello economico”),<sup>9</sup> è di circa 20 grammi per i maschi e varie volte tanto per le femmine. Quindi, anche se tu ti fossi trovata vicino all'impianto di trattamento delle acque reflue del fiume Back nel 2009, l'attrazione di tutti i ragni all'interno sarebbe stata comunque solo 1/50.000.000 di quella del Sole.

Comunque la guardi, la morale è che viviamo le nostre vite circondati da ragni minuscoli su un mondo completamente dominato da una stella gigantesca.

Ehi, pensa se era il contrario.



<sup>7</sup> La conclusione dell'articolo contiene questo passaggio assolutamente incredibile:

“Le nostre raccomandazioni per migliorare la situazione comprendevano i seguenti punti generali:

1) Il personale del sito va rassicurato sul fatto che i ragni sono innocui e l'immenso velo di seta della struttura dev'essere presentato in una luce positiva come una meraviglia della storia naturale senza precedenti.”

<sup>8</sup> Che a loro volta erano ricoperti di pesanti strati di ragni.

<sup>9</sup> Da non confondere con “Trade-off between pre- and postcopulatory sexual cannibalism in a wolf spider” (“Contropartite tra cannibalismo sessuale pre- e post-copula in un ragno-lupo”), che è un articolo diverso ma ugualmente reale.

## 45. INALARE UNA PERSONA

D

Se la polvere in una casa è composta fino all'80% da epidermide morta, quanta pelle, misurata in persone, ingeriamo o inaliamo in tutta la vita?

**Greg, Città del Capo, Sudafrica**

**La buona notizia è che** non è possibile inalare una persona, e anche che la polvere non è per lo più epidermide morta.

MI SOLLEVA APPRENDERE CHE LA POLVERE  
NON È PER LO PIÙ PELLE MORTA, PERCHÉ  
MI AVREBBE FATTO SCHIFO.

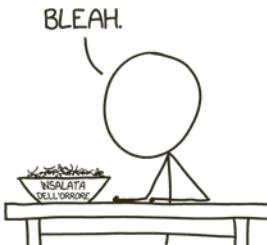
MI DISPIACE PER LE ALTRE COSE  
CHE STAI PER APPRENDERE!



È diffusa l'affermazione che la polvere domestica sia per lo più pelle morta; se cerchi con Google, troverai molti articoli sia che la confermano sia che la confutano.<sup>1</sup> Parte del motivo per cui è difficile chiarirlo è che la polvere domestica non è una sostanza specifica. È solo un'insalata disgustosa fatta di tutto quello che si trova in giro per casa.

<sup>1</sup> Derek Muller del canale YouTube Veritasium ha realizzato un lungo filmato sulla questione, citando un libro del 1981 che a sua volta citava una pubblicazione sugli standard di pulizia olandesi del 1967. Alla fine si è schierato dalla parte di "Wow, c'è un sacco di epidermide".

Può includere terriccio, polline, fibre di cotone, briciole, zucchero a velo, glitter, peli e forfora di animali domestici, plastica, fuliggine, peluria umana, farina, vetro, fumo, acari e innumerevoli frammenti di sporcizia difficile da identificare, incollati insieme.



Dentro c'è sicuramente dell'epidermide, ma di solito non è l'ingrediente principale. Le analisi sulla polvere dei pavimenti di uffici e scuole hanno rilevato che la maggior parte non era affatto materia organica; nel 1973 uno studio di vari ambienti su *Nature* ha rilevato che le cellule della pelle costituivano tra lo 0,4 e il 10% della polvere nell'aria.

Emettiamo pelle morta a un ritmo assurdo. Perdiamo qualcosa come 50 milligrammi di cellule all'ora, ma la maggior parte non va a finire nell'aria. Se spargessimo in aria 50 milligrammi di polvere di pelle ogni ora, le nostre case sarebbero polverose come miniere di carbone o falegnamerie. Dal momento che l'aria non è costantemente piena di polvere, deve andare altrove. Una parte si deposita rapidamente sul pavimento, ma una buona percentuale va giù per lo scarico quando ci laviamo, si spalma sui nostri vestiti e viene lavata via dal detersivo, o finisce sui nostri cuscini e materassi.



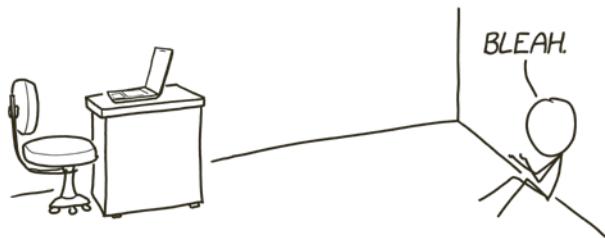
Anche se trovassi un modo per massimizzare la concentrazione di polvere di pelle nell'aria, non riusciresti a inalare una persona. Se costruissi una macchina per pompare in una stanza polvere di epidermide e aumentassi la concentrazione a 10 milligrammi per metro cubo, rendendo l'aria così polverosa da superare i limiti di esposizione alla polvere per i lavoratori delle miniere di carbone, inaleresti pur sempre solo circa 3 chilogrammi di cellule di epidermide nel corso di una vita media.

ERO MOLTO PIÙ FELICE PRIMA DI SENTIRE  
LE PAROLE "3 CHILOGRAMMI DI CELLULE  
DI EPIDERMIDE".



Quindi: no, non puoi inalare una persona, ma *puoi* inalare una frazione di persona maggiore di quanto possa far piacere pensare.

Ah, e non credo di voler rispondere ad altre domande sulla pelle.



## 46. CARAMELLE LAMPEGGIANTI

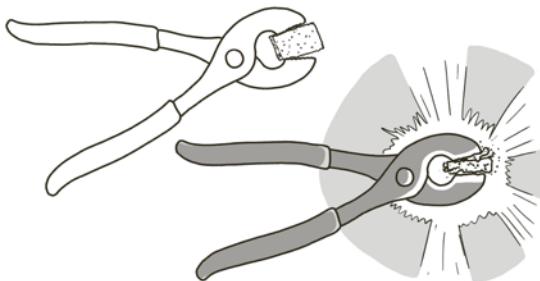
D

Quanti Wint-O-Green Life Savers  
bisognerebbe frantumare  
per creare un vero fulmine?

Violet M.

Miliardi.

Quando si schiaccia lo zucchero al buio, emette lampi di luce. Questo fenomeno è chiamato triboluminescenza. La luce in genere è piuttosto fioca, ma il classico gusto Wint-O-Green<sup>1</sup> delle caramelle Life Savers è famoso per produrre un lampo particolarmente brillante, grazie a un additivo usato per aromatizzare. La maggior parte della luce emessa dallo zucchero attraverso la triboluminescenza è ultravioletta, ma alcune Life Savers contengono salicilato di metile, che è fluorescente. Assorbe l'ultravioletto invisibile e lo emette come luce visibile blu.



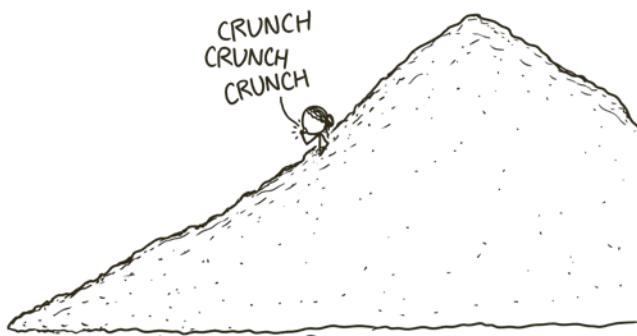
<sup>1</sup> A quel che pare si scrive così, non “Wintergreen” come pensavo. Evidentemente la O in Wint-O-Green è un po’ come la a in Berenstain Bears. [Molti sono convinti di ricordare che un tempo il nome di questi personaggi di libri per l’infanzia fosse scritto “Berenstein”, tanto che ci sono teorie cospirazioniste, tra il serio e il faceto, sul perché a un certo punto sarebbe stato cambiato, cosa che invece non è mai successa. (N.d.T.)]

Non conosciamo appieno la triboluminescenza.

Quando i materiali vengono sfregati o spezzati, a volte le cariche elettriche si separano in modo tale che, riaccostandosi, rilasciano energia. Ma ci sono molti modi in cui gli atomi possono urtarsi, e gli scienziati hanno difficoltà a capire esattamente quale combinazione di effetti produca luce in un particolare esperimento.



Se mordi una Life Savers con una forza di circa 10 chilogrammi per schiacciarla, fornisci circa un joule di energia meccanica ai cristalli di zucchero.<sup>2</sup> Per fare un confronto, un fulmine trasporta circa 5 o 10 miliardi di joule di energia, e quindi per avere la stessa quantità di energia con cui lavorare, dovresti sgranocchiare 5 o 10 miliardi di Life Savers.



<sup>2</sup> Qualche forma di triboluminescenza riceve un contributo dal rilascio di energia chimica immagazzinata, il che potrebbe ridurre il numero di Life Savers necessarie per un dato lampo.

Schiacciare una Life Savers non produce davvero una scintilla. La scintilla che si verifica quando tocchiamo una maniglia è davvero tale; a guardarla da vicino sembra un minuscolo fulmine. Se invece guardiamo da vicino la fotografia al rallentatore di una Life Savers che si rompe, non vedremo un fulmine. Lo zucchero si illumina brevemente mentre si spezza, come un flash di una macchina fotografica. Ma nonostante l'aspetto diverso, la luce delle Life Savers e i fulmini hanno molto in comune. In entrambi le cariche elettriche sono separate da materiali che si sfregano meccanicamente tra loro, e in tutt'e due i casi la luce viene prodotta dal rilascio di energia quando queste cariche si equalizzano.

Ma, a dirla tutta, non capiamo nemmeno i fulmini. Sappiamo che le correnti ascensionali durante i temporali causano l'accumulo di cariche elettriche tra la parte superiore e inferiore del temporale e pensiamo che c'entri il vento che porta pioggia o ghiaccio, ma i dettagli di come le cariche si separano sono ancora un mistero.



# risposte brevi

**D**

Si può mangiare un animale affetto da rabbia?

Winston

**No.** Mangiare un animale che soffre di rabbia non è sicuro e può trasmettere la rabbia. Ci sono diversi casi nella letteratura medica di pazienti con la rabbia che si ritiene abbiano contratto il virus mangiando animali infetti.

		QUALE RISPOSTA CI ASPETTEREMMO	
		SÌ	NO
QUAL È DAVVERO LA RISPOSTA	SÌ	NEL MIT CI SONO AULE?	NELL'AMHERST COLLEGE C'È UN RIFUGIO ATOMICO?
	NO	GLI SCIENZIATI SANNÒ COME SI VERIFICANO I FULMINI?	SI PUÒ MANGIARE UN ANIMALE AFFETTO DA RABBIA?

**D**

Cosa accadrebbe se il nucleo della Terra smettesse improvvisamente di generare calore?

**Laura**

**Veramente, niente.**

Qualsiasi cambiamento fisico istantaneo nella Terra potrebbe in teoria cambiare le forze all'interno della crosta e provocare terremoti ed eruzioni vulcaniche, ma se ipotizziamo che qualunque sia la cosa che ha interrotto la generazione di calore nel nucleo abbia anche ridistribuito delicatamente queste forze a breve termine, allora di per sé la variazione del flusso di calore non sarebbe un vero problema.

La maggior parte del nostro calore viene dal Sole. Il flusso che sale dalla crosta è una parte così piccola del bilancio termico complessivo della superficie terrestre che non avrebbe un grande effetto sull'atmosfera. Se il nucleo esterno si solidificasse, perderemmo il nostro campo magnetico, ma, nonostante quello che dice il film del 2003 *The Core*, ciò non farebbe sì che raggi di microonde dallo spazio taglino in due il Golden Gate Bridge o niente del genere. Aumenterebbe solo leggermente la velocità a cui la nostra atmosfera superiore si perde nello spazio.

In un tempo abbastanza lungo, la tettonica delle placche, che è alimentata dal calore interno della Terra, si arresterebbe. È una parte fondamentale del ciclo del carbonio a lungo termine, che regola la temperatura della Terra, e quindi a un certo punto il termostato verrebbe meno e gli oceani ribollirebbero. Ma prima o poi accadrà comunque, quindi non me ne preoccuperei.

IL NUCLEO DELLA TERRA HA  
SMESSO DI GENERARE CALORE!



MA SÌ, NON IMPORTA.



D

Con la tecnologia attuale l'umanità potrebbe distruggere la Luna?

Tyler

D

Il riscaldamento globale potrebbe indebolire i campi magnetici terrestri?

Pavaki

D

È possibile cuocere qualcosa con un laser?

Andrew Liu

No, no e sì, rispettivamente.

È POSSIBILE...	USANDO...	TUTTA LA LA TECNOLOGIA UMANA	IL RISCALDAMENTO GLOBALE
DISTRUGGERE LA LUNA	I LASER	NO	NO
INDEBOLIRE IL CAMPO MAGNETICO TERRESTRE	LA TECNOLOGIA UMANA	NO	NO
CUOCERE BISCOTTI	IL RISCALDAMENTO GLOBALE	SÌ	SE PEGGIORA PROPRIO TANTO

**D**

Cosa accadrebbe se la Terra venisse tagliata in due come una mela? Dove converrebbe stare per avere le migliori probabilità di sopravvivere?

**Anonimo**

**D**

Cosa accadrebbe se una persona finisse in una piscina piena di meduse?

**Lorenzo Belotti**

**Dipende dalla specie.** Il più grande gruppo di meduse che abbia mai visto era di meduse quadrifoglio, la cui puntura è spesso così lieve che gli esseri umani non se ne accorgono nemmeno. Sono sorprendentemente sode al tatto, come caramelle gommose bagnate. Quindi magari quella persona si farebbe solo dei nuovi amici scivolosi!

SEI IL MIO NUOVO MIGLIORE AMICO!  
TI CHIAMERO' CIAMBELLA GELATINOSA!

QUANDO IL MARE INVADERÀ LE VOSTRE  
CITTÀ, LA MIA SPECIE NUOTERÀ  
PER LE VOSTRE STRADE E CI  
NUTRIREMO DELLE VOSTRE ROVINE.

OOOH, COME SEI DOLCE!



D

Sarebbe possibile avere sul pavimento di tutta la casa un cuscinetto d'aria, come nell'hockey da tavolo, in modo da poter spostare i mobili pesanti?

**Jacob Wood**

**Sì, e ora so quale** sarà il mio prossimo progetto di miglioramento della casa.

D

Mio figlio, che ha sette anni, ci ha chiesto, qualche sera fa a cena, a che punto si fondono le patate (immagino nel vuoto). Aiutaci, per piacere.

**Steffen**

**In realtà le patate non** si fondono a nessuna temperatura. Gli amidi si spezzano e si gelificano, il che fa parte del normale processo di cottura; se si immette ulteriore calore, i diversi componenti sublimano a diverse temperature.

Ma quello che vorrei sapere è: lo fai normalmente, di aggiungere “nel vuoto” a tutte le sue domande, immaginando che fosse quello che intendeva?

POSSIAMO FARE UNA FESTA CON TANTA PIZZA PER IL MIO COMPLEANNO?

UNA FESTA CON TANTA PIZZA NEL VUOTO? NON SARÀ FACILE, MA PROVIAMO...



**D**

Un piccione riuscirebbe a raggiungere lo spazio, se non fosse trattenuto dalla gravità?

**Nick Evans**

No, gli uccelli possono battere le ali in assenza di gravità e potrebbero riuscire a spingersi in avanti, ma nell'alta atmosfera fa troppo freddo e i piccioni hanno bisogno di respirare.

**D**

Se attraversassi la Via Lattea volando alla cieca, che probabilità avrei di colpire una stella o un pianeta?

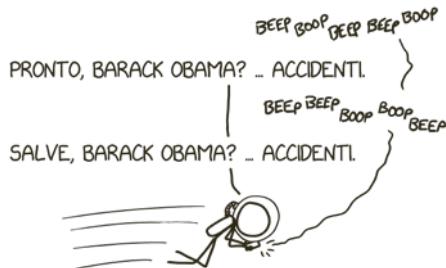
**David**

Persino se volassi prendendola di taglio, e quindi trascorressi più tempo possibile nel denso disco galattico, la probabilità di colpire una stella sarebbe solo di circa uno su dieci miliardi. (La probabilità di colpire un pianeta sarebbe mille volte inferiore.)

Per fare un confronto, è più o meno la stessa probabilità di decidere di telefonare a Barack Obama, comporre dieci cifre a caso e trovare il suo numero di cellulare al primo tentativo.

Tuttavia, attraversare la galassia in volo richiederebbe molto tempo. Se provi un numero ogni 30 secondi, ti ci vorrebbero soltanto 10.000 anni per comporli tutti. Per viaggiare attraverso la galassia ti ci vorrà molto più tempo – 10 milioni di anni

procedendo all'1% della velocità della luce – e quindi tu e Obama avrete un mucchio di tempo per chiacchierare una volta che avrai trovato il suo numero.



## D

Sui vari corpi del sistema solare (eventualmente raggruppando quelli equivalenti) più o meno quanto tempo si potrebbe sopravvivere in superficie (per i giganti gassosi, supponiamo che ci sia una piattaforma magica in qualche punto dell'atmosfera che si possa considerare ragionevolmente come superficie) usando solo una scorta infinita di aria e vestiti invernali pesanti? Quindi niente casco, niente tuta a tenuta stagna, solo una mascherina collegata a un generatore magico di aria, e un abbigliamento adatto, diciamo, per l'inverno a Chicago. (Niente trucchi furbi, tipo usare l'aria magica per generare calore o simili.)

**Melissa Trible**

- **Terra:** 10 anni
- **Venere:** Da settimane a mesi
- **Ovunque altro:** Da minuti a ore

**C'è uno strato nell'atmosfera di** Venere in cui la temperatura e la pressione sono entrambe abbastanza vicine alle normali condizioni della superficie terrestre, l'unico posto così nel sistema solare, che non sia la Terra o l'interno di un veicolo spaziale. Ma immagino che la nebbia di acido solforico sulla pelle verrebbe a noia dopo poco tempo.

**D**

Cosa accadrebbe se qualcuno mi facesse cadere addosso un'incudine dallo spazio?

**Sam Stiehl, 10 anni, Evanston, Illinois**

**La bella notizia è che** un'incudine è abbastanza piccola che l'atmosfera la rallenterebbe presto fino a farle raggiungere la velocità terminale. La brutta notizia è che la velocità terminale di un'incudine è di circa 1000 chilometri orari.

Quando un'incudine ti finisce addosso, non importa l'altezza da cui è caduta.



## 47. CALDO COME UN TOAST

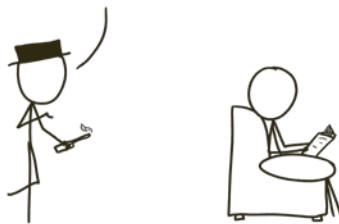
D

Se volessi usare dei tostapane per scaldare casa mia, quanti me ne servirebbero?

**Peter Ahlström, Svezia**

**Non moltissimi, dal momento che** probabilmente la tua casa prenderà fuoco se ci lasci dei tostapane accesi ininterrottamente. Una volta che comincia a bruciare, la casa diventerà autoriscaldante per il resto della sua esistenza.

HO SCOPERTO UN MODO PER FAR SÌ  
CHE LA CASA SI RISCALDI DA SOLA  
PER CIRCA 15 O 20 MINUTI!



Ma per il breve tempo prima che la casa prenda fuoco, i tostapane la terrebbero ben calda.

Le stufe elettriche non sono sempre il modo migliore per riscaldare una casa: l'utilizzo dell'elettricità per produrre direttamente calore in genere è meno efficiente rispetto all'uso della stessa energia per alzare la temperatura con una pompa di calore, e inoltre in alcuni paesi l'elettricità può essere più costosa del riscaldamento a gas naturale o a petrolio. Ma un aspetto interessante delle stufe elettriche è che sono tutte ugualmente efficienti: tutte producono un watt di calore per ogni watt di elettricità che assorbono.



Anzi, grazie ai principi della termodinamica, in pratica qualsiasi dispositivo elettrico che consuma energia in definitiva trasforma questa energia in calore con lo stesso rapporto. Una lampadina da 60 watt produce luce, ma questa luce colpisce una superficie e la riscalda. Alla fine, produce gli stessi 60 watt di calore di una stufa da 60 watt. Tostapane, frullatori, microonde e lampadine producono tutti calore al ritmo di 1 watt per watt, esattamente come una stufa.

Un tostapane medio utilizza circa 1200 watt di energia elettrica, mentre da un sistema di riscaldamento per una tipica casa negli Stati Uniti settentrionali si richiedono 80.000 BTU<sup>1</sup>/ora, che corrispondono a 25.000 wattora all'ora, cioè 25.000 watt. Riscaldare una casa così richiederebbe circa 20 tostapane.

Se non vuoi far andare i tostapane a vuoto, puoi provare a fare un sacco di toast, ma presto ne avrai più di quelli che riuscirai a mangiare. Se ogni tostapane può contenere due fette e ci vogliono circa 2 minuti per la tostatura, allora il tuo tostapane passerà qualcosa come 3 filoni di pane all'ora. A regime, consumerai tanto pane quanto una cittadina statunitense.

È LA PEGGIORE IDEA DALL'INVENZIONE  
DEL PANE AFFETTATO.



<sup>1</sup> British thermal unit, unità di energia termica corrispondente al calore necessario per innalzare di 1 grado Fahrenheit la temperatura di una libbra (cioè 454 grammi) d'acqua. (N.d.T.)

## 48. TERRA DI PROTONI, LUNA DI ELETTRONI

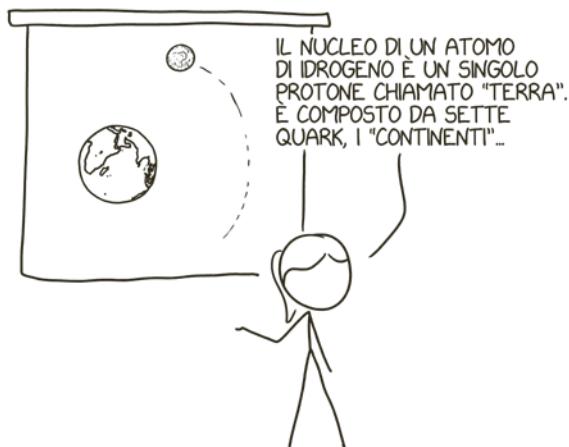
D

Cosa accadrebbe se la Terra fosse fatta interamente di protoni e la Luna di elettroni?

**Noah Williams**

**Questo probabilmente è lo scenario** *Cosa accadrebbe se?* più distruttivo che io abbia mai affrontato.

Possiamo immaginare una Luna di elettroni in orbita attorno a una Terra di protoni, una specie di gigantesco atomo di idrogeno. Da un certo punto di vista, ha quasi senso. Dopotutto, gli elettroni orbitano attorno ai protoni e le lune attorno ai pianeti. Anzi, per un breve tempo un modello planetario dell'atomo ha goduto di molta popolarità (ma non si è rivelato particolarmente utile per comprendere gli atomi).<sup>1</sup>



<sup>1</sup> Questo modello era in buona misura obsoleto già negli anni venti, ma è sopravvissuto in un elaborato diorama fatto di gommapiuma e nettapipe che ho realizzato come compito per scienze, in prima media, alla Salem Church Middle School.

Se mettiamo insieme due elettroni, cercheranno di allontanarsi l'uno dall'altro. Gli elettroni sono carichi negativamente e la forza di repulsione data da questa carica è di circa 20 ordini di grandezza più intensa della forza di gravità che tende a unirli.

Se mettiamo insieme  $10^{52}$  elettroni per costruire una luna, si respingono a vicenda con tanta forza che ogni elettrone verrebbe espulso con un'incredibile quantità di energia.

Anzi, per la Terra di protoni e la Luna di elettroni dello scenario di Noah, il modello planetario è ancora più sbagliato del solito. La Luna non orbiterebbe attorno alla Terra perché non avrebbero praticamente nessuna possibilità di interagire; le forze che cercherebbero di disintegrare ognuna delle due sarebbero molto più intense di eventuali forze attrattive tra le due.

Se ignoriamo per un momento la relatività generale – ci torneremo – possiamo calcolare che l'energia di questi elettroni che si spingono a vicenda sarebbe sufficiente per accelerarli tutti verso l'esterno quasi fino alla velocità della luce.<sup>2</sup> Far arrivare le particelle a queste velocità non è insolito; un acceleratore di particelle portatile, per esempio uno schermo a tubo catodico, può accelerare gli elettroni fino a una percentuale non banale della velocità della luce. Ma gli elettroni della Luna di Noah porterebbero ciascuno una quantità di energia enormemente maggiore di quelli di un normale acceleratore. La loro energia sarebbe di ordini di grandezza superiore all'energia di Planck, che è a sua volta di molti ordini di grandezza maggiore delle energie che possiamo raggiungere negli acceleratori più grandi. In altre parole, la domanda di Noah ci porta ben al di fuori della fisica normale, nel regno altamente teorico di cose come la gravità quantistica e la teoria delle stringhe.

Così ho contattato la dottoressa Cindy Keeler, teorica delle stringhe presso il Niels Bohr Institute, e le ho chiesto che ne pensa dello scenario di Noah.

<sup>2</sup> Ma senza superarla; stiamo ignorando la relatività generale, ma non quella ristretta.



La dottoressa Keeler ha convenuto che non possiamo fare affidamento su calcoli che prevedano di immettere tanta energia in ciascun elettrone, perché è una situazione molto al di là di ciò che siamo in grado di verificare negli acceleratori. “Non mi fido di nulla in cui l’energia per particella sia sulla scala di Planck,” dice. “La massima energia che abbiamo realmente osservato è nei raggi cosmici; maggiore dell’LHC di un fattore circa  $10^6$ , direi, ma ben lontana dall’energia di Planck. In quanto teorica delle stringhe, sono tentata di dire che accadrebbe qualcosa che ha a che fare con le stringhe, ma la verità è che non si sa proprio.”

Per fortuna le cose non finiscono qui. Ricordate che prima abbiamo deciso di ignorare la relatività generale? Ebbene, questa è una delle rare situazioni in cui introdurre la relatività generale rende un problema *più facile* da risolvere.



Nel nostro scenario c'è un'enorme quantità di energia potenziale: l'energia di tutti quegli elettroni che si sforzano di allontanarsi l'uno dall'altro. Questa energia deforma lo spazio e il tempo esattamente come fa la massa. La quantità di energia nella nostra Luna di elettroni, di fatto, è circa uguale alla massa e all'energia complessive dell'intero universo visibile.

La massa-energia di un intero universo – concentrata nello spazio della nostra Luna (che è relativamente piccola) – deforma lo spaziotempo al punto da sopraffare persino la repulsione di quei  $10^{52}$  elettroni.

La diagnosi della dottoressa Keeler: “Eh, sì, un buco nero.” Ma non è un normale buco nero; è un buco nero con un mucchio di carica elettrica.<sup>3</sup> E per questo ci serve un diverso insieme di equazioni, invece di quelle standard di Schwarzschild: ci servono le equazioni di Reissner-Nordström.

Le equazioni di Reissner-Nordström analizzano il bilancio tra la forza data dalle cariche elettriche, verso l'esterno, e la forza gravitazionale, verso l'interno. Se la spinta verso l'esterno dovuta alle cariche è abbastanza intensa, è possibile che l'orizzonte degli eventi che circonda il buco nero possa scomparire del tutto. Ciò si lascerebbe dietro un oggetto infinitamente denso da cui la luce *può* sfuggire, quella che viene chiamata una singolarità nuda.

Se abbiamo una singolarità nuda, la fisica inizia a venir meno in modo significativo. La meccanica quantistica e la relatività generale danno risposte assurde, e non sono nemmeno le *stesse* risposte assurde. Alcuni sostengono che le leggi della fisica semplicemente non consentono il verificarsi di questo tipo di situazione. Come dice la dottoressa Keeler, “a nessuno piace una singolarità nuda”.

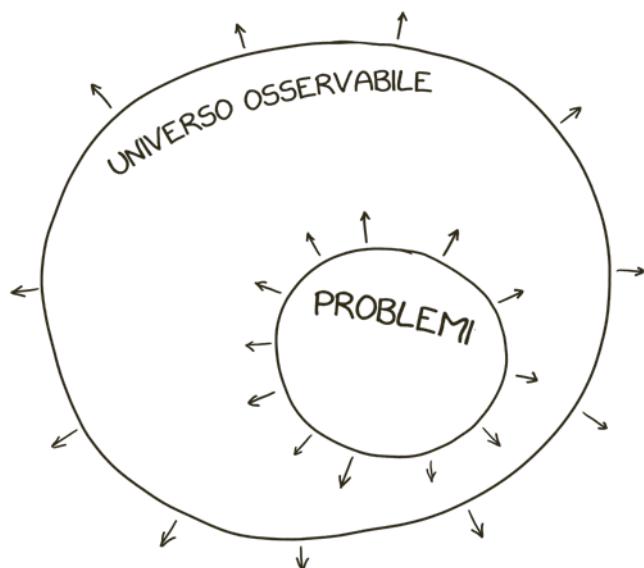
Nel caso di una Luna di elettroni, l'energia di tutti quegli elettroni che si spingono l'uno contro l'altro sarebbe così immane che l'attrazione gravitazionale vincerebbe, e la nostra singolarità formerebbe un normale buco nero. Almeno, “normale” in un certo senso; sarebbe un buco nero con una massa pari a quella dell'universo osservabile.<sup>4</sup>

<sup>3</sup> La Terra di protoni, che farebbe parte anch'essa del buco nero, ridurrebbe la carica, ma poiché la massa della Terra in protoni ha una carica molto inferiore rispetto alla massa della Luna in elettroni, non influisce granché sul risultato.

<sup>4</sup> Un buco nero con la massa dell'universo osservabile avrebbe un raggio di 13,8 miliardi di anni luce e l'universo ha 13,8 miliardi di anni di età, il che ha portato alcuni a dire: “L'universo è un buco nero!” Sembra una sorta di intuizione profonda, ma in realtà non è vero. L'universo non è un buco nero. Tanto per dirne una, tutte le cose che si trovano al suo interno volano via le une dalle altre, cosa che nei buchi neri notoriamente non succede.

Questo buco nero provocherebbe il collasso dell'universo? È difficile a dirsi. La risposta dipende da come funziona l'energia oscura e *nessuno* sa come funziona l'energia oscura.

Ma per ora, almeno, le galassie vicine sarebbero al sicuro. Poiché l'influenza gravitazionale del buco nero può espandersi verso l'esterno solo alla velocità della luce, gran parte dell'universo intorno a noi rimarrebbe beatamente inconsapevole del nostro ridicolo esperimento con gli elettroni.



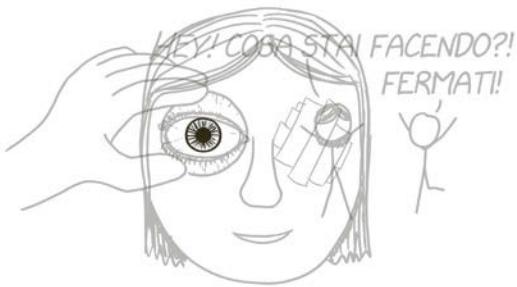
## 49. GLOBO OCULARE

D

Se mi estraessi un globo oculare e lo puntassi  
in modo che guardi verso l'altro occhio,  
che cosa vedrei (assumendo che i nervi  
e le vene rimangano intatti)?

**Lenka, Repubblica Ceca**

**Vedresti un occhio.** L'occhio sarebbe circondato da una foschia di doppia visione, in cui vedresti un viso e una mano sovrapposti allo sfondo della stanza in cui ti trovi.



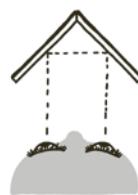
Puntare un globo oculare verso un globo oculare non crea qualche strano loop, come puntare una telecamera verso il proprio monitor. Ogni occhio vede solo un occhio. Se riuscissi ad allinearli con cura, i due occhi si sovrapporrebbero e il cervello proverebbe a combinare le due immagini simili, come fa normalmente quando guardiamo una scena attraverso due occhi.

Al di fuori della pupilla e dell'iride al centro dell'immagine, i tuoi due occhi vedrebbero cose completamente diverse. Un occhio vedrebbe una palpebra, una testa e una parte della stanza in cui ti trovi. L'altro occhio vedrebbe un globo oculare, una mano, un nervo ottico e la parte opposta della stanza. Il cervello non riuscirebbe a combinare queste due immagini sovrapposte e quindi avresti una visione doppia ovunque, al di fuori di una piccola area al centro.

Come ho già detto, non sono un medico e quindi prendi questo consiglio con la dovuta cautela, ma non credo che doveresti estrarre un globo oculare.



Se non vuoi eseguire un intervento chirurgico oftalmologico a mani nude,<sup>1</sup> puoi farti un'idea di cosa vedresti usando uno specchio. Se metti uno specchio normale davanti al viso e guardi in avanti, ogni occhio vede sé stesso, un po' come accadrebbe nel tuo scenario in cui ne asporti uno. Per fare qualcosa di ancora più simile, puoi usare due specchi ad angolo retto, in modo che ogni occhio guardi l'altro, come se tenessi l'occhio davanti a te.



<sup>1</sup> Chissà perché.

Se ci provi in questo modo, noterai che gli occhi non riescono a mettere a fuoco più vicino di qualche centimetro, che è una limitazione della lente dell'occhio. Questa distanza minima di messa a fuoco aumenta con l'età, da 7-9 centimetri per i bambini a circa 15 centimetri all'età di 30 o 40 anni e un metro o più a 60 o 70 anni. Ma indipendentemente dall'età, ti servirà una lente d'ingrandimento o occhiali da lettura molto forti per tenere gli specchi vicini a sufficienza per vedere gli occhi in dettaglio. Sarà d'aiuto una fonte di illuminazione, poiché gli specchi bloccheranno la luce dalla stanza.

Dal momento che gli occhi non sono simmetrici, le due immagini che vedrai non si allineeranno. Con gli specchi ad angolo retto, il tuo occhio destro vedrà un occhio con la plica semilunare – la piccola membrana carnosa nell'angolo dell'occhio vicino al naso –<sup>2</sup> sul lato sinistro dell'immagine. Il tuo occhio sinistro vedrà l'opposto. Anche se le tue iridi sono simmetriche e prive di macchie colorate, all'esterno avrai comunque una doppia visione.

Non è malaccio – ci ho provato mentre scrivevo questo capitolo – ma sicuramente non è un'esperienza per la quale valga la pena asportarsi un globo oculare. Gli occhi possono essere le finestre dell'anima, ma per guardarci dentro, mi accontenterei di uno specchio.



E QUINDI, PERCHÉ TI SEI  
TOLTA UN OCCHIO?

È DIFFICILE TOGLIERSI LE LENTI  
A CONTATTO, COSÌ HO PENSATO  
CHE MAGARI È PIÙ FACILE SE  
POSso GUARDARE COSA FACCIO.



<sup>2</sup> Gli uccelli hanno una membrana nittitante, una "terza palpebra" trasparente che possono battere per proteggere e idratare l'occhio. La hanno anche molti altri animali, mentre noi esseri umani e i nostri parenti evolutivi l'abbiamo persa. Quella cosina nell'angolo della palpebra è il residuo vestigiale della membrana nittitante.

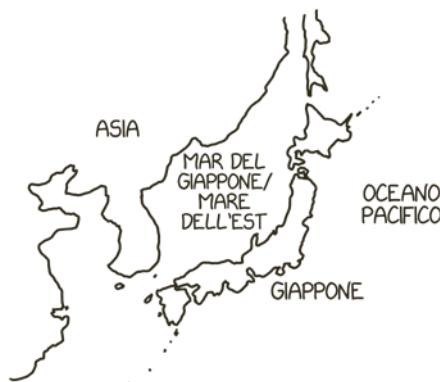
## 50. IL GIAPPONE VA A FARE UN GIRO

D

Se TUTTE le isole del Giappone sparissero, ciò avrebbe un effetto sui fenomeni naturali (placche, oceani, uragani, clima e così via)?

**Miyu Uchida, Giappone**

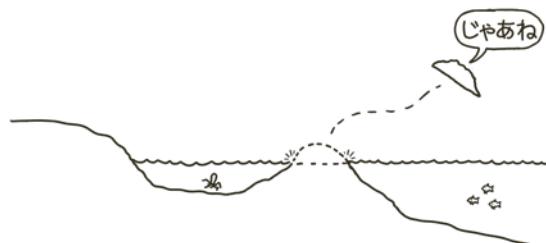
Le **isole del Giappone formano** un arco vulcanico, con il mar del Giappone/mare dell'Est da una parte e l'oceano Pacifico dall'altra.



Non sono sicuro del tipo di scomparsa che sta pianificando Miyu, ma assumiamo che l'intero arcipelago si allontani per qualche tempo per sbrigare una commissione.



Il Giappone – la parte sopra il livello del mare – pesa 440.000 miliardi di tonnellate. Se si teletrasportasse via solo questa parte...



... sposterebbe il centro di massa e l'asse di rotazione della Terra verso l'Uruguay – dalla parte opposta del pianeta – di circa mezzo metro.

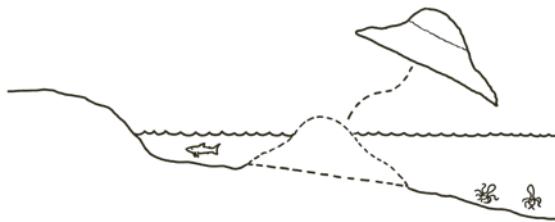
Il cambiamento nell'attrazione gravitazionale farebbe oscillare leggermente gli oceani, finché le acque si assesterebbero su un nuovo “livello del mare” che seguirebbe i contorni del nuovo geoide. Senza la gravità del Giappone, l'oceano si sposterebbe leggermente verso il lato opposto della Terra; probabilmente il livello del mare scenderebbe di qualche decina di centimetri intorno all'Asia orientale e aumenterebbe della stessa quantità intorno al Sudamerica.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Questo fenomeno si verifica anche quando si fondono grandi strati di ghiaccio sulla terraferma. La loro acqua fa aumentare il livello del mare in generale, ma poiché la loro gravità non attira più l'oceano *verso* di loro, il livello del mare può in definitiva *abbassarsi* nell'area circostante. Dalla parte opposta del mondo aumenterà di più di quanto ci aspetteremmo. Se, o quando, i ghiacci della Groenlandia si liquefanno, gli allagamenti peggiori si verificheranno in Australia e in Nuova Zelanda. Per ulteriori informazioni, si veda *Come si fa*, capitolo 2, “Come organizzare una festa in piscina”.



Questo aumento di mezzo metro del livello del mare avrebbe un impatto particolarmente significativo sull'Uruguay, sommergendo molti tratti costieri. Naturalmente non abbiamo bisogno di elaborare uno scenario ipotetico, dal momento che è proprio la quantità di cui si innalzeranno i mari nel prossimo mezzo secolo o giù di lì, grazie alle emissioni umane di gas serra.

Finora abbiamo considerato solo la rimozione della parte di Giappone *sopra* il livello del mare. E il resto del Giappone? Cosa accadrebbe se rimuovessimo anche la parte sottomarina?



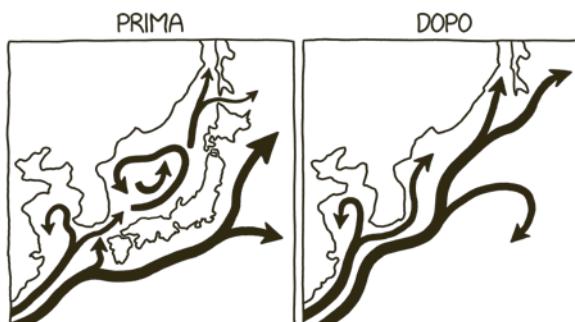
Il peso di questa parte del Giappone supera la parte sopra l'acqua di oltre 10 a 1.

**SAPEVI CHE SOLO IL 10% DEL GIAPPONE  
È VISIBILE? IL 90% È NASCOSTO  
SOTTO LA SUPERFICIE DELL'OCEANO!**



Se asportassimo la parte sommersa del Giappone, lo spostamento dell'asse terrestre sarebbe molto maggiore (3-5 metri), come anche la variazione del livello del mare.

L'eliminazione del Giappone avrebbe anche un effetto significativo sulle correnti oceaniche. Il mare a ovest del Giappone è collegato agli oceani circostanti da pochi stretti bracci di mare, e quindi l'acqua al suo interno è relativamente isolata. Ha una propria circolazione che mantiene ben mescolati gli strati d'acqua; assomiglia a una versione in miniatura di un oceano più grande come l'Atlantico settentrionale. Senza le isole del Giappone a tenerlo racchiuso, il mare si mescolerebbe liberamente con il Pacifico.



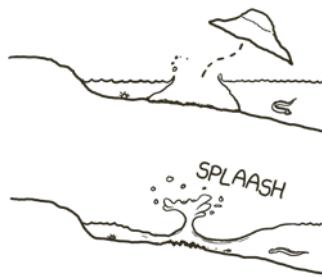
L'effetto sul clima sarebbe difficile da prevedere. Il Giappone è riscaldato dalla corrente Kuroshio, che porta acque tiepide lungo il margine occidentale del Pacifico, costeggiando il lato orientale delle isole. Una volta scomparsa questa barriera, la corrente potrebbe rasentare la costa dell'Asia, il che significherebbe acque più calde vicino a Vladivostok e forse un rischio leggermente maggiore di tifoni lungo la penisola coreana e la costa russa. Non dovrebbero però preoccuparsi delle mareggiate, dal momento che il livello del mare si sarebbe abbassato, lasciando alte e asciutte le spiagge di vetro di Vladivostok.<sup>2</sup>

O, per lo meno, non dovrebbero preoccuparsi delle mareggiate a *lungo* termine. Se il Giappone scomparisse fino al fondale marino, lascerebbe una gigantesca cavità nell'oceano. Le acque si precipiterebbero a riempire il vuoto, creando un'ondata più grande di qualsiasi altra vista sulla Terra dall'ultimo gigantesco impatto spaziale.<sup>3</sup>

<sup>2</sup> Se non le conoscete, vi consiglio di fare una rapida ricerca di immagini relative a "spiagge di vetro di Vladivostok": non ve ne pentirete!

<sup>3</sup> L'ultimo tsunami da impatto di una portata simile si verificò quando un macigno spaziale colpì la costa orientale del Nordamerica, 35 milioni di anni fa. Ho studiato alla Christopher Newport University in Virginia, che è costruita sull'orlo del cratere sepolto lasciato dall'impatto.

L'onda devasterebbe la costa orientale dell'Asia e, una volta attraversato il Pacifico, sarebbe ancora potente a sufficienza per inondare le coste occidentali delle Americhe e schiantarsi contro le Ande e la Sierra Nevada.



Quando l'acqua sarà tornata nei bacini oceanici, i mari saranno più bassi di prima, grazie al vuoto a forma di Giappone nel Pacifico occidentale. Quando il Giappone tornerà dai suoi giri, se vuole rimettersi dove stava rischierà di provocare da capo lo stesso cataclisma.

Ma d'altro canto Miyu non ha mai detto dove stesse andando il Giappone.



Magari si è trasferito per sempre.

## 51. FUOCO LUNARE

D

È possibile usare una lente d'ingrandimento e la luce della Luna per accendere un fuoco?

Rogier

Sulle prime sembra una domanda piuttosto facile.

Una lente d'ingrandimento concentra la luce in un punto. Come possono confermare molti bambini intraprendenti, una lente d'ingrandimento di 8 centimetri quadrati può raccogliere abbastanza luce per accendere un fuoco. Una rapida ricerca su Google ci dirà che il Sole è 400.000 volte più luminoso della Luna, quindi non serve altro che una lente d'ingrandimento da  $8 \times 400.000$  centimetri quadrati, cioè circa 300 metri quadrati. Giusto?



Ecco la vera risposta: **non si può accendere un fuoco con la luce della Luna**<sup>1</sup> qualunque sia la dimensione della lente d'ingrandimento. Il motivo è un po' sottile. Richiede molte argomentazioni che suonano sbagliate ma non lo sono, e in generale ci conduce nei cunicoli sotterranei dell'ottica.

<sup>1</sup> Sono abbastanza sicuro che sia una canzone di Bruce Springsteen.



Innanzitutto, ecco una regola generale: **non è possibile usare lenti e specchi per ottenere una temperatura maggiore della superficie della sorgente di luce.** In altre parole, non si può usare la luce solare per rendere qualcosa più caldo della superficie del Sole.

Ci sono molti modi per dimostrare perché sia vero ragionando con l'ottica, ma c'è un ragionamento più semplice, anche se forse meno soddisfacente, che viene dalla termodinamica: lenti e specchi funzionano gratis; non richiedono energia per funzionare.<sup>2</sup> Se fosse possibile usare lenti e specchi per far fluire il calore dal Sole a un punto del terreno che è più caldo del Sole, si creerebbe un flusso di calore da un punto più freddo a uno più caldo senza impiegare energia. Il secondo principio della termodinamica dice che non si può fare. Se si potesse, sarebbe possibile costruire una macchina a moto perpetuo.

IL SECONDO PRINCIPIO DELLA TERMODINAMICA  
AFFERMA CHE UN ROBOT NON PUÒ  
ACCRESCERE L'ENTROPIA, A MENO CHE  
CIO NON CONTRASTI CON IL PRIMO PRINCIPIO.



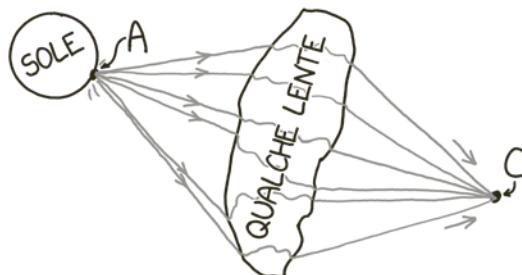
<sup>2</sup> Più precisamente, tutto ciò che fanno è completamente reversibile, il che significa che non aumentano l'entropia del sistema.

Il Sole ha una temperatura di circa 5000 °C e quindi la nostra regola dice che non possiamo concentrare la sua luce con lenti e specchi in modo da ottenere qualcosa di più caldo di 5000 °C. La superficie della Luna illuminata dal Sole raggiunge poco più di 100 °C e perciò non se ne può concentrare la luce per raggiungere qualcosa di più caldo di circa 100 °C. È troppo poco per dare fuoco alla maggior parte delle cose.

“Ma aspetta,” potresti dire. “La luce della Luna non è come quella del Sole! Il Sole è un corpo nero: la sua emissione di luce è correlata alla sua alta temperatura. La Luna invece splende di luce solare riflessa, che ha una ‘temperatura’ di migliaia di gradi, quindi il ragionamento non funziona!”

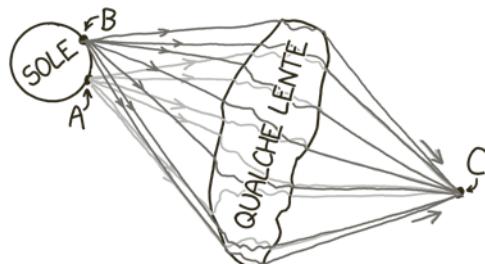
In realtà, sì che funziona, per motivi di cui parleremo più avanti. Ma prima, un attimo: quanto meno per il Sole, questo discorso è corretto? Certo, il ragionamento termodinamico sembra semplice, ma se uno ne sa un po' di fisica ed è abituato a pensare in termini di flusso di energia, può rimanere perplesso. Perché mai non dovrebbe essere possibile concentrare molta luce solare su un punto per renderlo caldissimo? Le lenti possono concentrare la luce in un punto minuscolo, no? Perché non possiamo concentrare sempre più energia solare nello stesso punto? Avendo a disposizione oltre  $10^{26}$  watt, dovrebbe essere possibile riscaldare un punto quanto vogliamo!

C’è solo il fatto che le lenti *non* concentrano la luce in un punto, a meno che anche la sorgente di luce non sia un punto. Concentrano la luce *su un’area*, creando una immagine minuscola del Sole.<sup>3</sup> E questa distinzione si rivela cruciale. Per capire perché, diamo un’occhiata a un esempio:



<sup>3</sup> O una enorme: alcuni telescopi per uso domestico, come il Sunspotter dalla struttura in legno, utilizzano le lenti per proiettare un’immagine dettagliata del Sole su un foglio di carta, come una versione ad alta risoluzione di un foro stenopelico. Sono un po’ costosi, ma sono un ottimo strumento per visualizzare in sicurezza le macchie solari o le eclissi.

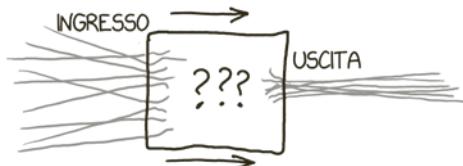
Questa lente dirige tutta la luce dal punto A al punto C. Fin qui tutto bene. Ma se diciamo che questa lente concentra in un punto tutta la luce proveniente dal Sole, vorrebbe dire che deve dirigere anche tutta la luce del punto B al punto C:



Ora abbiamo un problema: che cosa succede se invertiamo il sistema e facciamo emettere fasci di luce dal punto C verso la lente? I sistemi ottici sono reversibili e quindi la luce dovrebbe tornare al punto d'origine, ma come fa la lente a sapere se la luce proviene da B o da A?

In generale, il risultato è che non c'è modo di "sovrapporre" diversi fasci di luce, perché ciò violerebbe la reversibilità del sistema. Questa regola impedisce di inviare verso un certo bersaglio nuovi fasci di luce dalla stessa direzione di quelli esistenti, il che pone un limite alla quantità di luce che possiamo far arrivare da una sorgente a un bersaglio.

D'accordo, magari non possiamo sovrapporre i raggi di luce, ma se provassimo, non so, a farli avvicinare di più l'uno all'altro, in modo da farne entrare di più? Così potremmo raccogliere molti raggi, comprimerli e puntarli su un bersaglio da angolazioni leggermente diverse.



No, non si può fare neanche questo.<sup>4</sup>

<sup>4</sup> Lo sappiamo già, ovviamente, poiché abbiamo appena detto che così si violerebbe il secondo principio della termodinamica.

La situazione generale è che qualsiasi sistema ottico passivo segue una legge chiamata “conservazione dell’*étendue*” o dell’accettanza. Questa legge dice che se la luce entra in un sistema da diverse angolazioni e su un’ampia area di ingresso, questa area di ingresso moltiplicata per l’angolo di ingresso<sup>5</sup> è uguale all’area di uscita moltiplicata per l’angolo di uscita. Se la luce è concentrata su un’area di uscita più piccola, deve essere “diffusa” su un angolo di uscita più ampio.



In altre parole, non si possono comprimere i fasci di luce se non rendendoli anche meno paralleli, il che significa che non possiamo concentrarli in un punto lontano.

C’è un altro modo di pensare a questa proprietà delle lenti: fanno soltanto sì che le sorgenti luminose occupino una parte più ampia del cielo; non possono rendere più luminosa la luce di un singolo punto. Lo possiamo vedere tenendo una lente contro un muro e guardandola. Qualunque sia il tipo di lente che usiamo, scopriremo che non fa sembrare più luminosa qualche parte della parete; cambia solo quale parte ne vediamo in quella direzione. Si può dimostrare<sup>6</sup> che rendere più luminosa una sorgente di luce violerebbe le regole dell’*étendue* e quindi per un sistema di lenti è impossibile farlo. Può soltanto far sì che ogni linea della visuale finisca sulla superficie di una sorgente luminosa, il che equivale a fare in modo che la sorgente luminosa circondi il bersaglio.



<sup>5</sup> O *angolo solido*, nei sistemi in tre dimensioni.

<sup>6</sup> Nel linguaggio dei fisici sta per “probabilmente non è troppo difficile, ma non ho voglia di farlo”.

Se sei “circondato” dal materiale della superficie del Sole, di fatto stai fluttuando all’interno del Sole e raggiungerai rapidamente la temperatura di ciò che ti circonda.<sup>7</sup>

Se sei circondato dalla superficie luminosa della Luna, quanto ti scalderai? Dunque, le rocce sulla superficie lunare sono quasi circondate dalla superficie lunare e raggiungono la temperatura della superficie lunare (poiché sono la superficie lunare). Quindi un sistema di lenti che focalizza la luce lunare non può raggiungere una temperatura maggiore di quella di una roccia che si trova in una piccola depressione sulla superficie lunare.

Il che ci offre un ultimo modo per dimostrare che non si può accendere un fuoco con il chiaro di luna: gli astronauti delle missioni Apollo sono sopravvissuti.

QUINDI QUANDO L’ULTIMO  
ASTRONAUTA APOLLO MUORE...



<sup>7</sup> Vedi i capitoli 61, 62 e 63, insieme alle risposte brevi #5, per ulteriori informazioni sulle esperienze avvincenti che puoi vivere visitando il Sole.

## 52. LEGGI LE LEGGI

D

Se un cittadino degli Stati Uniti volesse leggere tutte le regole ufficiali che lo riguardano – la Costituzione federale e quella del suo stato, i trattati, le norme emanate da vari enti, le leggi federali e statali, le ordinanze locali ecc. – quante pagine dovrebbe leggere?

**Keith Yearman**

**Ci sono moltissime leggi.** Per scoprire che cosa contengono, le devi leggere. Altrimenti potresti commettere un reato senza saperlo. Per quanto ne sai, qualche tuo hobby o attività apparentemente normale potrebbe violare qualche legge poco nota.

SONO UNA PERSONA COMUNE CHE SE NE STA A CASA SUA. COME HOBBY FACCIO GIARDINAGGIO, CORRO, CATTURO E MANGIO UCCELLI MIGRATORI, SCAVO POZZI PETROLIFERI, COMPRO E VENDO LASER, LANCIO MODELLI DI MISSILE SEMPRE PIÙ GRANDI E DIFFAMO GENTE A CASO SULLA PUBBLICA PIAZZA.

SPERO DI NON PASSARE GUAI LEGALI!!



Vivo in una città del Massachusetts, quindi sono sotto la giurisdizione dei seguenti testi normativi:

- la Costituzione degli Stati Uniti (26 pagine)
- le leggi federali (82.000 pagine<sup>1</sup>)
- la Costituzione del Massachusetts (122 pagine)
- le leggi dello stato del Massachusetts (63.000 pagine)
- le leggi della mia città (450 pagine)

In tutto sono circa 145.000 pagine. Se leggi 300 parole al minuto per 16 ore al giorno, ci metterai circa sei mesi per leggerle.

Ma queste sono solo le leggi vere e proprie, emanate dalle autorità legislative. Oltre a queste ci sono anche i regolamenti emanati dagli enti governativi autorizzati. Sono spesso pubblicati insieme alle leggi e comprendono, tra l'altro:

- regolamenti federali (295.000 pagine)
- regolamenti del Massachusetts (31.000 pagine)
- regolamento urbanistico comunale della mia città (500 pagine)

Se aggiungiamo questi regolamenti,<sup>2</sup> la quantità di pagine da leggere si triplica e anche di più, e il tempo totale di lettura arriva a quasi due anni.

L'articolo VI della Costituzione degli Stati Uniti aggiunge un'altra fonte di diritto: i trattati.

*Questa Costituzione e le leggi degli Stati Uniti che saranno emanate in applicazione di essa; e tutti i trattati stipulati, o che saranno stipulati, sotto l'autorità degli Stati Uniti, saranno la legge suprema del paese...*

## Articolo VI

<sup>1</sup> In alcuni casi uso il conteggio effettivo delle pagine e in altri il conteggio delle parole, calcolando 350 parole per pagina, che è tipico per i documenti legali stampati.

<sup>2</sup> Esistono poi delle regole, come le norme per gli impianti elettrici, che sono incluse tramite un rinvio. Una legge, per esempio, può dire qualcosa come: "Per poter immettere in commercio una cannuccia pazza, deve essere conforme alla Normativa cannucce pazze 385-1.2 pubblicata dall'Organizzazione nazionale produttori cannucce pazze." Sono testi che possono servire per interpretare le leggi, ma in realtà non contano di per sé come fonte primaria di diritto e quindi le ignoriamo.

Il dipartimento di stato degli Stati Uniti pubblica un elenco annuale di tutti i trattati e accordi attivi degli Stati Uniti. L'elenco del 2020 è lungo 570 pagine. Questa non è la lunghezza complessiva dei trattati: è solo la lunghezza dell'*elenco* dei trattati. Il totale è di 7700 trattati (circa 14 trattati per pagina). Nel gennaio 2005 – scegliendo un momento casuale da campionare – la lunghezza media di un trattato era di 33 pagine. Se questa media si applica all'intero *corpus*, otteniamo un quarto di milione di pagine, il che porta il nostro totale a circa 700.000 pagine: per leggerle serviranno due anni e mezzo.

TEMEVO PEGGIO: EQUIVALE PIÙ O  
MENO A GUARDARE TUTTI GLI EPISODI  
DEI SIMPSON 60 VOLTE DI FILA,  
COSA CHE PENSO DI AVER GIÀ FATTO...



Infine, ma non meno importante, c'è la *giurisprudenza*. Quando la corte suprema abroga una legge, la legge in realtà non viene fatta sparire. Il tribunale dice semplicemente che non va più applicata e talvolta ordina alla cittadinanza o alle forze dell'ordine di agire in modo diverso.<sup>3</sup> Ma la corte in realtà non apporta modifiche al testo della legge stessa, quindi se qualcuno legge il testo originale potrebbe non sapere che è stato abrogato o emendato da un tribunale. Se vogliamo conoscere questi "aggiornamenti", dobbiamo leggere le sentenze della corte, e ce ne sono moltissime.

La casistica giurisprudenziale dello stato del Massachusetts ammonta a circa mezzo milione di pagine, il che aggiunge altri due anni al tempo di lettura totale. La casistica giurisprudenziale federale fa impallidire tutte le altre fonti di diritto, con i suoi 12,3 milioni di pagine. Per leggerla tutta – compresa quella delle altre giurisdizioni federali, nel caso una di loro avesse emesso un'ingiunzione nazionale che ci vincola – ci vorrebbero 41 anni, per un totale di 45 anni.<sup>4</sup>

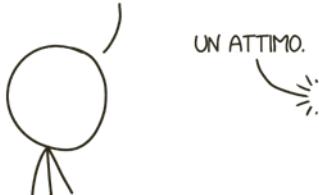
<sup>3</sup> A volte, così la legge è soltanto abrogata, ma a volte viene addirittura *ampliata*.

<sup>4</sup> A seconda di che cosa vuoi fare con le ingiunzioni a livello nazionale, potresti riuscire a cavartela soltanto con la lettura delle sentenze della Corte Suprema e di quelle dell'area in cui vivi, il che ridurrebbe il tutto a sette anni di lettura, più abbordabili, ma probabilmente ancora impossibili.

## DEVO LEGGERE TUTTE QUESTE LEGGI?

**La maggior parte delle leggi** non ti riguarda. Per esempio, l'articolo 42 us Code § 2141(b) pone limiti alla distribuzione di materiali nucleari da parte del dipartimento dell'energia. Se non sei il dipartimento dell'energia, non te ne devi preoccupare.<sup>5</sup>

QUINDI POSSO DISTRIBUIRE LIBERAMENTE  
MATERIALI NUCLEARI? FICO!



In realtà non c'è un modo per sapere quali leggi ti concernono, se non le hai lette. Se non conosci il contenuto delle leggi, ci sono molte attività che potrebbero metterti nei guai. Per esempio, l'articolo 27.637 del codice della California che regola gli alimenti e l'agricoltura vieta a chiunque di fare affermazioni false o fuorvianti sulle uova. Fortunatamente, non vivo in California, quindi sono libero di divulgare le mie teorie personali sulle uova.

LE UOVA SONO UN COMPLOTTONE. TUTTI  
I VIDEO DI UOVA CHE SI SCHIUDONO SONO  
FATTI AL COMPUTER. GLI UCCELLI NON  
VENGONO DALLE UOVA: A UN CERTO  
PUNTO APPAIONO E NESSUNO SA PERCHÉ.

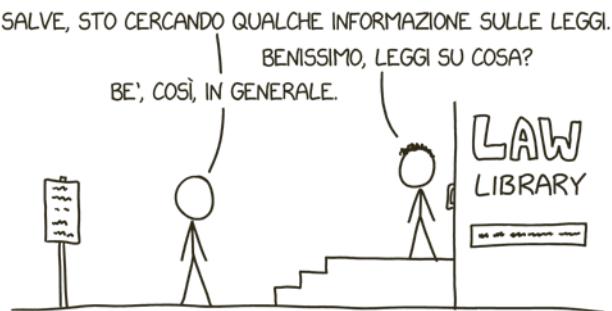


<sup>5</sup> Per i lettori che invece lavorano al dipartimento dell'energia, ciao! Sono un grande fan del vostro lavoro e dell'energia in generale.

## D'ACCORDO, MA ALLORA COME SI FA A SAPERE CHE COS'È ILLEGALE?

Per trovare qualche risposta ho contattato la Harvard Law Library e ho chiesto alla bibliotecaria ricercatrice A. J. Blechner come posso fare io, un umile cittadino che vuole solo occuparsi dei suoi normali hobby come il lancio di missili o la diffamazione, a sapere che cosa è lecito e che cosa no.

“La biblioteca giuridica della tua città ti può aiutare ad approfondire,” mi ha detto Blechner. Inoltre, i tribunali hanno spesso proprie biblioteche, aperte al pubblico. “Sono state create al servizio di giudici e avvocati, ma anche qualsiasi cittadino può entrare e ottenere assistenza. Sono un’ottima risorsa, non molto conosciuta.”



Le biblioteche giuridiche sono un’utilissima risorsa per conoscere le leggi, ma per chi teme di avere problemi legali, Blechner ha anche un consiglio più pratico. “Se uno ha una domanda legale a cui non sa rispondere,” dice, “probabilmente è una buona idea parlare con un avvocato.”

## ABBIAMO DAVVERO BISOGNO DI TUTTE QUESTE LEGGI?

Le leggi danno potere ai cittadini. Ma se una legge è farraginosa, dà potere solo a chi può permettersi gli avvocati che la interpretino. “Le leggi farraginose, arbitrarie e non intuitive conferiscono potere allo stato,” afferma Jonathan Zittrain, professore di diritto internazionale e direttore della Harvard Law Library, “poiché attribuire discrezionalità all’accusa implica un’eccessiva facoltà di scelta su chi perseguire e la possibilità di atti discriminatori.”

Ma rendere le leggi più semplici e vaghe non sposta necessariamente il potere dallo stato al popolo. Potremmo sbarazzarci di molte leggi e sostituirle con “tutti devono semplicemente comportarsi in modo corretto”. Ma questo lascerebbe alle forze dell’ordine la decisione sul significato di “in modo corretto”.

In un certo senso, l’insieme delle leggi ha un’estensione infinita, perché include non solo le parole stesse, ma anche il modo in cui la società interpreta il significato di queste parole. La California dice che non posso diffondere informazioni false o fuorvianti sulle uova. Se dico che si può ottenere un vero Pikachu vivo incubando una poké ball, è un’affermazione falsa, ma è un’affermazione sulle uova? Le poké ball sono un tipo di uovo?



Non credo che le poké ball siano uova. Ma forse la maggior parte delle persone pensa di sì, e io semplicemente non lo so perché non me ne intendo molto di Pokémon. Una cosa così può essere pertinente per capire se si va contro la legge o no, ma la questione se una poké ball si possa considerare un uovo non è chiarita nel testo della legge. Almeno, non al momento in cui scrivo.



## UNA LEGGE TUTTA TUA

**E se uno ha letto** tutte le leggi, ma si è divertito tanto che non vuole smettere?

Zittrain spiega che in certi casi è possibile creare un nuovo testo normativo semplicemente chiedendo un'interpretazione alle autorità. “Nel sistema tributario, è possibile fare un’interrogazione all’IRS<sup>6</sup> per ottenere un vaglio preventivo di legalità sull’atto che si vuole compiere. La risposta dell’ente è un frammento normativo tutto per te!”

Quindi, se desideri una norma personalizzata, puoi contattare l’IRS per richiedere un *private letter ruling*, cioè una dichiarazione scritta con l’interpretazione autentica della norma vincolante per il contribuente. L’IRS in genere si fa pagare per questo servizio, e il costo può essere significativo, a seconda della quantità di lavoro necessaria, ma alla fine avrai un tuo atto ufficiale che risponde a qualsiasi domanda tu ti fossi posto.

PRONTO, FUNZIONARIO DELL’IRS? AI FINI FISCALI LE POKÉ  
BALL SONO CONSIDERATE PRODOTTI DELL’AVICOLTURA?

— HO TROVATO IL NUMERO SUL  
VOSTRO SITO WEB. PERCHÉ?

... BE', MAGARI SEI TU CHE DEVI PASSARE PIÙ  
TEMPO CON I VIDEOGIOCHI, NON CI HAI MAI...



<sup>6</sup> Internal Revenue Service, l’analogo statunitense dell’Agenzia delle Entrate. (N.d.T.)

# strane & preoccupanti

#3

- D** Se io saltassi dentro un contenitore di azoto liquido (o lo usassi per occultare un cadavere) quanto dovrebbe essere profondo perché io/lui vada in mille pezzi quando arriva al fondo?

**Stella Wohnig**



- D** Cosa accadrebbe se una colonia di formiche mi apparisse all'improvviso nella circolazione sanguigna?

**Matt, da parte di suo figlio Declan, 8 anni**

GLI ESAMI DEL SANGUE DICONO "MORSICOSO".



- D** Se Harry Potter dimenticasse dov'è l'entrata invisibile del binario  $9\frac{3}{4}$ , per quanto dovrebbe andare a sbattere a caso contro i muri prima di trovarla?

**Max Plankar**

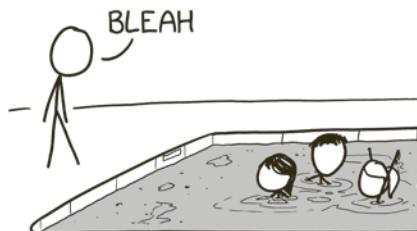


## 53. UNA PISCINA DI SALIVA

D

Quanto ci metterebbe una singola persona a riempire un'intera piscina con la propria saliva?

**Mary Griffin, prima liceo**



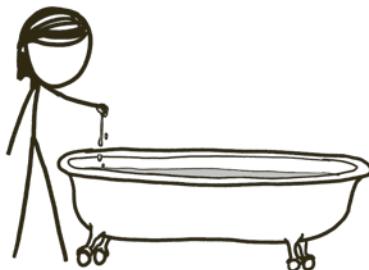
Il bambino medio produce circa mezzo litro di saliva al giorno, secondo l'articolo "Estimation of the Total Saliva Volume Produced Per Day in Five-Year-Old Children" che, mi piace immaginare, è stato inviato agli *Archives of Oral Biology* in una busta leggermente appiccicosa e gocciolante.



Un bambino di cinque anni probabilmente produce meno saliva rispetto a un adulto, che è più grande. D'altra parte, scommetto che non c'è *nessuno* che produce più bava di un bambino piccolo, e quindi teniamoci cauti e usiamo il valore trovato in questo studio.

Se stai raccogliendo la tua stessa saliva,<sup>1</sup> non puoi usarla per mangiare.<sup>2</sup> Potresti aggirare questo problema masticando una gomma o simili, per fare in modo che il tuo corpo produca più saliva, o semplicemente assimilando cibo liquido o facendo una flebo.

Alla velocità di 500 millilitri al giorno, come dice l'articolo, ci vorrebbe circa un anno per riempire una tipica vasca da bagno.



*Tra gli effetti collaterali del riempire una vasca con la saliva: secchezza delle fauci.*

Una vasca da bagno piena di saliva è già bella disgustosa, ma non è quello che hai chiesto. Per qualche motivo – non voglio veramente sapere perché – hai chiesto come riempire una piscina.

Pensiamo a una piscina olimpica, che misura 25 per 50 metri. La profondità varia, ma supponiamo che questa sia uniformemente profonda 1,2 metri<sup>3</sup> e quindi probabilmente ci puoi stare in piedi.

<sup>1</sup> A proposito: questa domanda è disgustosa.

<sup>2</sup> Spero.

<sup>3</sup> Il sito web della Fédération Internationale de Natation afferma che una piscina dotata di blocchi di partenza ha bisogno di una sezione leggermente più profonda a ciascuna estremità, ma può essere meno profonda nel mezzo. Non sembra che le regole dicano alcunché sulla profondità massima, quindi potresti creare una piscina che sprofonda fino alla faccia opposta della Terra, ma poi troverai qualche problema quando proverai a seguire le istruzioni nella sezione FR 2.14 sulla verniciatura della segnaletica orizzontale sul fondo.

A 500 millilitri al giorno, ci vorrebbero 8214 anni per riempire una piscina così. Dovremmo aspettarti un bel po', e quindi immaginiamo che tu sia tornata indietro nel tempo per iniziare questo progetto nel passato.

Otto millenni fa, le calotte glaciali che coprivano gran parte delle zone settentrionali del pianeta si erano per lo più ritirate e gli esseri umani avevano appena iniziato a sviluppare l'agricoltura. Immaginiamo che tu abbia cominciato il tuo progetto allora.

BENE, ECCOCI NEL 6000 A.E.V!  
E' IL MOMENTO BUONO PER  
SCAVARE UNA PISCINA OLIMPICA  
E COMINCIARE A SBAVARCI DENTRO!



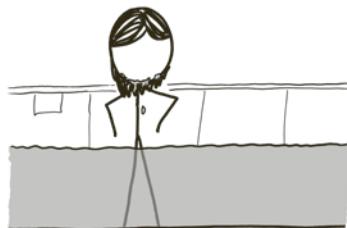
Nel 4000 a.e.v., quando, in quello che oggi è l'Iraq, avevano iniziato a svilupparsi le civiltà della Mezzaluna fertile, la saliva avrebbe raggiunto una profondità di 30 centimetri, coprendoti i piedi e le caviglie.



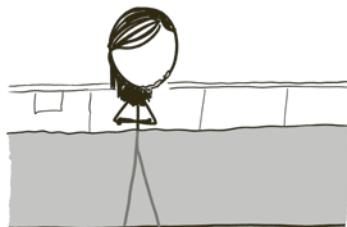
Nel 3200 a.e.v., quando aveva cominciato a svilupparsi la scrittura, la saliva ti avrebbe superato le ginocchia.



Verso il XXVI secolo a.e.v. fu costruita la Piramide di Cheope e stavano emergendo le prime culture mesoamericane. A questo punto, la saliva ti si sarebbe avvicinata alla punta delle dita se non avessi tirato su le braccia.



Intorno al 1600 a.e.v., l'eruzione di un enorme vulcano nell'isola greca ora conosciuta come Santorini provocò un enorme tsunami che devastò la civiltà minoica, forse causandone il crollo definitivo. In questo momento la saliva dovrebbe aver raggiunto la vita.



La saliva avrebbe continuato ad alzarsi nel corso dei successivi tre millenni di storia, e nel periodo della rivoluzione industriale europea ti sarebbe arrivata al petto: sarebbe tanta da poterci nuotare. Negli ultimi duecento anni avresti aggiunto i tre centimetri mancanti e la piscina si sarebbe finalmente riempita.



Ci vorrebbe un mucchio di tempo, certo. Ma ne sarebbe valsa la pena, perché alla fine avresti una piscina olimpica piena di saliva. E, sotto sotto, non è quello che vogliamo tutti noi?<sup>4</sup>



<sup>4</sup> No, non lo è.

## 54. UNA PALLA DI NEVE

D

Cosa accadrebbe se cercassi di far rotolare una palla di neve giù dalla cima dell'Everest?

Quanto sarebbe grande al momento di raggiungere il fondo, e quanto ci metterebbe?

**Michaeline Yates**

**Quando le palle di neve** rotolano sulla neve bagnata e appiccicosa, crescono di dimensioni. Con la neve asciutta come quella che troveresti sull'Everest, una palla di neve non si ingrandirebbe rotolando; si limiterebbe a ruzzolare giù per la montagna come qualsiasi altro oggetto.

FAR ROTOLARE UNA PALLA DI NEVE GIÙ DALLA CIMA DELL'EVEREST



FAR ROTOLARE UN HAMBURGER GIÙ DALLA CIMA DELL'EVEREST



Ma anche se l'Everest fosse coperto dal tipo di neve bagnata con cui si fanno buone palle di neve, una palla di neve non diventerebbe particolarmente grande.

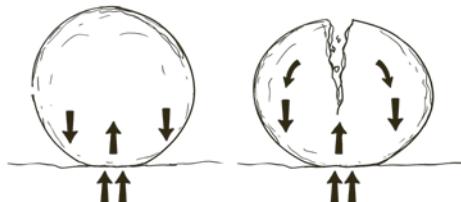
Una palla di neve che rotola raccoglie altra neve e si ingrandisce, e più è grande e più raccoglie neve. Può sembrare il presupposto per una sorta di crescita esponenziale, ma la crescita di una palla di neve ideale in realtà rallenta nel tempo. La palla continua

a ingrandirsi sempre più, ma ogni nuovo metro che percorre rotolando aggiunge meno al diametro. La crescita rallenta perché la larghezza del percorso della palla di neve, e quindi la quantità di neve che raccoglie, è proporzionale al suo raggio, mentre la superficie che la nuova neve deve ricoprire è proporzionale al quadrato del raggio, il che significa che ogni nuova quantità di neve dev'essere distribuita su un'area maggiore. In inglese si usa il verbo *to snowball*<sup>1</sup> per intendere che qualcosa cresce sempre più velocemente, ma in un certo senso è vero il contrario.



Il monte Everest è molto alto,<sup>[senza fonte]</sup> quindi, anche se il tasso di crescita rallenta, una palla di neve ha pur sempre tutto il tempo per raccogliere neve. Le tre pareti principali della montagna scendono per circa 5 chilometri prima di diventare valli glaciali. In teoria, una palla di neve ideale che rotola giù per un pendio di 5 chilometri passerebbe attraverso una quantità di neve sufficiente a farle raggiungere 10 o 20 metri di larghezza quando arriva al fondo.

In pratica non percorrerebbe più di poche centinaia di metri, anche con neve perfettamente bagnata. C'è un limite alle dimensioni che possono raggiungere le palle di neve prima di disgregarsi sotto il loro stesso peso. La gravità tira verso il basso le parti esterne di una palla di neve e quindi l'interno è sotto tensione. Se una palla di neve diventa troppo grande, collassa.



<sup>1</sup> In un senso affine a quello italiano di “crescere a valanga”. (N.d.T.)

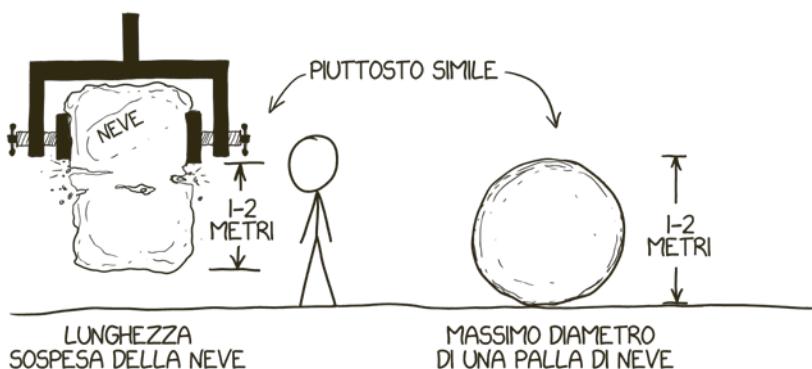
La neve ha una resistenza alla trazione, il che significa che resiste allo sfaldamento. Questa resistenza non è particolarmente elevata – motivo per cui non si vedono molte corde fatte di neve – ma non è zero. Una tipica resistenza alla trazione per la neve ben compattata può essere di pochi kilopascal, che è più di quella della sabbia bagnata, meno della maggior parte dei tipi di formaggio e circa 1/10.000 di quella di molti metalli.

In ingegneria c'è un valore che misura la lunghezza che può raggiungere un capo penzolante di un materiale prima di spezzarsi sotto il suo stesso peso. Questa "lunghezza sospesa" dipende dalla resistenza alla trazione del materiale, dalla sua densità e dalla gravità.

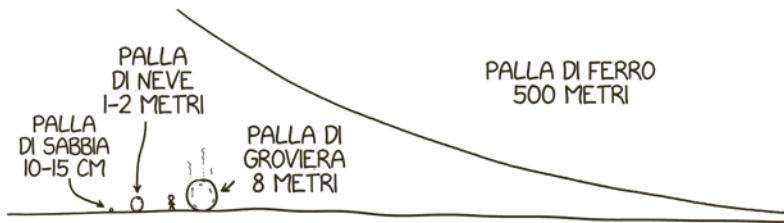
$$\text{LUNGHEZZA SOSPESA} = \frac{\text{RESISTENZA ALLA TRAZIONE}}{\text{DENSITÀ} \times \text{GRAVITÀ TERRESTRE}}$$



La lunghezza sospesa di un materiale dà una discreta approssimazione – almeno entro un ordine di grandezza – di quanto possa diventare grande una palla di quel materiale. Il suo valore per la neve varia da meno di un metro per la neve soffice a uno o due metri per la neve pesante e compatta.



Questa formula ci permette di confrontare materiali diversi. Ci dice che la più grande palla di neve sarebbe più grande della più grande palla di sabbia – che è ancor più debole della neve e molto più densa – ma più piccola della più grande palla di formaggio a pasta dura e niente a confronto della più grande palla di ferro.



Se guardi i filmati di persone che fanno rotolare grandi palle di neve giù per un pendio, vedrai che di solito si rompono quando raggiungono il diametro di pochi metri, come suggerisce la formula.

Ma i pendii adatti a far crescere di dimensioni le palle di neve sono rari e sono rari proprio perché sono adatti a far crescere di dimensioni le palle di neve. Se una palla si ingrandisce mentre rotola giù per un versante, a un certo punto si disgrega. Una palla di neve che si disgrega diventa un mucchio di piccole palle di neve, che inizieranno a crescere anche loro, proprio come l'originale.

Congratulazioni, hai inventato la valanga.



## 55. LA CANNUCCIA DEL NIAGARA

D

Cosa accadrebbe se uno cercasse di far passare le cascate del Niagara attraverso una cannuccia?

**David Gwizdala**

**Passerebbe dei guai con l'International** Niagara Committee, l'International Niagara Board of Control, l'International Joint Commission, l'International Niagara Board Working Committee e probabilmente la Great Lakes-St. Lawrence River Adaptive Management Committee.<sup>1</sup> E inoltre, la Terra verrebbe distrutta.



Be', non è del tutto corretto. A costo di dire un'ovvia, la vera risposta è: "Le cascate del Niagara non possono passare attraverso una cannuccia."

<sup>1</sup> Che, se ho capito bene questi organigrammi, è a sua volta un supergruppo composto da tre commissioni che si occupano di singoli corpi idrici.

Ci sono limiti alla velocità a cui si possono forzare i fluidi attraverso qualcosa. Se si pompa un fluido attraverso un'apertura stretta, accelera. Se il fluido è un gas,<sup>2</sup> si “strozza” (o, tecnicamente, raggiunge la condizione critica di efflusso) quando la velocità del gas che scorre attraverso l'apertura raggiunge la velocità del suono. A quel punto, il gas che scorre attraverso il foro non può aumentare la velocità, nonostante sia possibile far fluire più massa al secondo aumentando la pressione, il che comprime ulteriormente il gas.

Per l'acqua, è un effetto diverso a farla strozzare. Quando un fluido scorre attraverso un'apertura abbastanza velocemente, la pressione all'interno del fluido diminuisce a causa del principio di Bernoulli. L'acqua “vuole” sempre bollire, ma è mantenuta liquida dalla pressione dell'aria. Quando la pressione diminuisce bruscamente, nell'acqua si formano bolle di vapore. Questo fenomeno si chiama “cavitazione”.

Quando l'acqua viene forzata ad alta velocità attraverso un'apertura, le bolle di cavitazione la fanno diventare complessivamente meno densa. Se si aumenta la pressione per cercare di spingere di più l'acqua, si ottiene solo di farla bollire più velocemente.<sup>3</sup>

Quindi la quantità totale di acqua che attraversa l'apertura non aumenta, anche se la miscela acqua-vapore si muove a una velocità maggiore.

Un altro limite alla portata dell'acqua deriva dalla velocità del suono. Non si può usare la pressione per accelerare l'acqua attraverso un'apertura a una velocità maggiore della velocità del suono (nell'acqua).<sup>4</sup> Tuttavia, l'acqua raggiunge raramente questo punto, perché “la velocità del suono (nell'acqua)” è molto elevata. L'acqua è pesante e, se si cerca di farla andare così veloce, comincia a ignorare le curve dei tubi.

E allora, a che velocità dovrebbero andare le cascate del Niagara per passare attraverso una cannuccia? È maggiore della velocità del suono? È facile scoprirlo; basta sapere la portata delle cascate e l'area attraverso cui dovrebbero



<sup>2</sup> In fisica, i gas sono considerati un tipo di fluido.

<sup>3</sup> I progettisti di valvole cercano di evitare la formazione di queste bolle di vapore, perché dopo che si sono formate, collassano rapidamente quando la pressione sale di nuovo dall'altra parte della valvola e la forza di questo collasso può gradualmente danneggiare le condutture.

<sup>4</sup> È un po' come nel traffico: se si spingono più automobili in coda a un ingorgo non è che quelle davanti ne escono più velocemente. L'analogia tra ingorghi e flussi strozzati non è perfetta, ma mi piace comunque perché è divertente immaginare qualcuno che cerca di risolvere gli ingorghi usando un bulldozer per spingerci dentro più auto.

passare, dopo di che possiamo dividere il primo numero per il secondo per trovare la velocità.

La portata delle cascate del Niagara è di almeno 100.000 piedi cubi (circa 2.800.000 litri) al secondo, che è un valore regolamentato dalla legge. Il fiume Niagara fornisce alle cascate una portata media quasi tripla, ma in gran parte viene deviato in gallerie per generare energia elettrica. Tuttavia, poiché la gente si arrabbierebbe se qualcuno spegnesse la cascata più famosa del mondo, gli impianti di generazione devono lasciare almeno 100.000 piedi cubi al secondo per le cascate, affinché tutti possano ammirarle (50.000 di notte o fuori stagione). Periodicamente si parla di disattivare le cascate per manutenzione, e magari anche per vedere, già che ci siamo, che cose interessanti si possono trovare.



Nota importante: se devi deviare l'acqua in una cannuccia violi il trattato del 1950 che stabilisce il limite minimo di “100.000 piedi cubi al secondo”.<sup>5</sup> A verificarlo è l'International Niagara Board of Control, che è composto da una persona statunitense e una canadese.<sup>6</sup> Probabilmente se la prenderebbero moltissimo, insieme a tutti gli altri enti che ho elencato prima: procedi a tuo rischio.

Una tipica cannuccia ha un diametro di circa 7 mm. Per scoprire a che velocità vi scorrerebbe l'acqua, dividiamo semplicemente la portata per l'area della sezione della

<sup>5</sup> Come ovviamente già sanno quelli di voi che, ispirati dal capitolo 52, hanno letto tutte le leggi e i trattati degli Stati Uniti.

<sup>6</sup> Al momento in cui scrivo i guardiani delle cascate sono Aaron Thompson per il Canada e Stephen Durrett per gli Stati Uniti. Immagino che il protocollo che seguirebbero sia solo, più o meno, “redigere un verbale”, ma mi piace immaginare che abbiano il potere di riportare fisicamente alle cascate l'acqua rubata con qualunque mezzo necessario.

cannuccia. Se il risultato è maggiore della velocità del suono, il nostro flusso sarà probabilmente strozzato, il che porterà a qualche problema.

$$\frac{100.000 \frac{\text{piedi cubi}}{\text{secondo}}}{\pi \left(\frac{7 \text{ mm}}{2}\right)^2} = 73.600.000 \frac{\text{metri}}{\text{secondo}} = 0,25c$$

A quanto pare, la nostra acqua andrà a un quarto della velocità della *luce*.

VELOCITÀ DELL'ACQUA, IN QUARTI DI C	PROBLEMI?
0	FORSE
1	SÌ
2	SÌ
3	SÌ
4	MOLTO SÌ
5	PIANTIAMOLA

L'aspetto positivo è che non dobbiamo preoccuparci della cavitazione poiché queste molecole d'acqua andrebbero tanto veloci da provocare appassionanti reazioni *nucleari* di tutti i tipi quando colpiscono le pareti della cannuccia. A queste energie altissime tutto è comunque un plasma, e quindi i concetti di ebollizione e cavitazione non hanno più senso.

Ma non finisce qui! La spinta del getto d'acqua relativistico sarebbe bella forte. Non basterebbe a spostare la placca nordamericana verso sud, ma distruggerebbe qualunque dispositivo stessimo usando per creare il getto.

In realtà nessuna macchina potrebbe accelerare tanta acqua a velocità relativistiche. Gli acceleratori di particelle riescono a far andare qualcosa così veloce, ma in genere si tratta di minuscole quantità di gas. Non puoi limitarti a collegare le cascate del Niagara all'ingresso dell'acceleratore. O, se lo fai, gli scienziati se ne avrebbero molto a male.



E farebbero bene, dal momento che la potenza del getto di particelle creato da questo scenario sarebbe maggiore della potenza di tutta la luce solare che finisce sulla Terra. La tua “cascata” avrebbe una potenza equivalente a quella di una piccola stella, e il suo calore e la sua luce aumenterebbero rapidamente la temperatura del pianeta, farebbero evaporare gli oceani e renderebbero tutto invivibile.

Ma scommetto che qualcuno proverebbe *lo stesso* a gettarvisi dentro con un barile.



## 56. CAMMINARE INDIETRO NEL TEMPO

D

Cosa accadrebbe se decidessi di andare a piedi da Austin, nel Texas, a New York, ma ogni passo mi portasse indietro di 30 giorni?

**Jojo Yawson**

**Nel primo libro Cosa accadrebbe se?** abbiamo immaginato che cosa si vedrebbe se, stando a New York, uno saltasse sempre più indietro nel tempo. Questa domanda prevede un tipo diverso di viaggi nel tempo a New York.

Quando alzi il piede per fare il primo passo e il tempo inizia a scorrere all'indietro, il Sole diventerebbe un arco luminoso attraverso il cielo, da un orizzonte all'altro. Le automobili e i pedoni intorno a te svanirebbero e diventerebbero invisibili le attività umane che ti circondano.



Il Sole diventerebbe una luce stroboscopica in cielo. Se cammini a un ritmo normale, ogni secondo lampeggerebbero 50 giorni, e così il mondo passerebbe dalla luce al buio

a una frequenza di 50 Hz. Questa frequenza è proprio al limite della “frequenza critica di fusione” dell’occhio, quella a cui uno sfarfallio diventa troppo veloce perché la nostra vista distingua i singoli lampi, e sembra fondersi in un bagliore costante: quindi la luce sarebbe nel complesso stabile, anche se un po’ innaturale. Le condizioni meteorologiche aggiungerebbero un altro strato di sfarfallio irregolare, in quanto i cieli oscillerebbero tra periodi nuvolosi e tersi. Dopo poco gli occhi ti si dovrebbero abituare, spero.



Il Sole avrebbe l’aspetto di una fascia nel cielo, come una lampada fluorescente. Si muoverebbe lentamente su e giù, una volta ogni 7 o 8 secondi, con i cicli estivi e invernali. Intorno a te, gli alberi si ritirerebbero lentamente verso il suolo mentre cammini. A ogni ciclo annuale, i rami degli alberi da frutto si piegherebbero di scatto verso il basso sotto il peso improvviso dei frutti maturi che saltano su da terra, per poi risalire gradualmente mentre il frutto smatura e si ritira tra i rami.

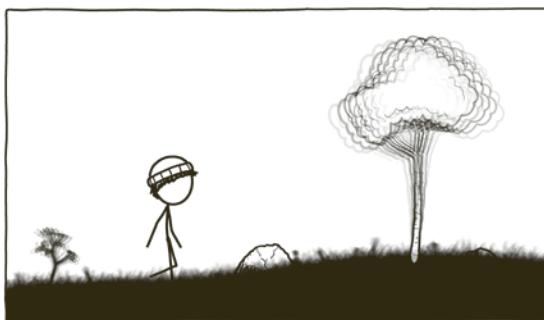
Supponiamo che tu parta dalla sede del parlamento del Texas, nel centro di Austin. Da qui New York è a nord-est, e quindi probabilmente sarà il caso di prendere l’uscita nord del complesso del parlamento. Quando hai raggiunto la 15<sup>a</sup> Strada Ovest, dove finisce il parco, sei nell’anno 2000.



Dall'altra parte della strada, alla tua destra, l'edificio del Robert E. Johnson Legislative Office si decostruisce all'improvviso. Mentre attraversi la strada e prosegui lungo la Congress Avenue, ogni 5 o 10 secondi un grattacielo scende fino a sparire come un cane della prateria che si infila in una tana.

Dopo dieci minuti di cammino, hai raggiunto il campus di Austin dell'Università del Texas a metà degli anni quaranta. Mentre passi davanti agli edifici, si sfaldano e si ritraggono nel terreno. Quando arrivi a metà del campus, l'università, fondata nel 1883, è sparita.

Con la scomparsa dell'università, scompaiono anche le ferrovie fuori città, e con esse i milioni di ettari di terreno coltivato che sostenevano. Nell'arco di un minuto o due, le enormi fattorie sono sostituite da pascoli aperti, che non sono più composti dall'erba dei pascoli moderni – che sono principalmente *Cynodon dactylon* e *Paspalum notatum* – bensì da un ecosistema completamente diverso, una varietà di erbe differenti punteggiate da alberi: le praterie perdute d'America.



La violenta eliminazione dei nativi da parte degli europei ha luogo al contrario, in una sfocatura invisibile intorno a te. Dopo mezz'ora di camminata, gli europei non ci sono più e tu ti trovi tra gli apache lipan.

Mentre cammini, ondate di fuoco spazzano la terra, molte delle quali provocate da chi vive qui per conservare la salute delle praterie, che alimentano mandrie di bisonti. Più avanti a nord-est si trovano le fattorie e gli insediamenti della nazione Caddo, ma non ci sono più quando li raggiungi.

Quando arrivi poco oltre 30 chilometri da Austin, sei quattromila anni indietro nel tempo. Le coltivazioni di granturco e zucca si fanno più rare man mano che lo sviluppo dell'agricoltura regredisce tutt'intorno a te.

Dopo che hai camminato per dodici ore, assisti a uno sviluppo inquietante. Dall'altra parte del continente, nel Québec settentrionale, una lastra di ghiaccio a forma di frittella comincia a crescere e ad allargarsi sulla terraferma. A sud, sulla costa del Texas, il mare – che era gradualmente calato di alcuni metri nel corso della tua camminata – si ritira bruscamente dalla costa, rivelando centinaia di chilometri di pianure erbose e foreste.

Quando raggiungi l'attuale posizione di Thorndale, ancora in Texas, dopo una giornata completa di cammino, intorno a te proliferano grandi animali. Se ti fermi per un momento, potresti vedere un cammello, un mastodonte, un enocione parente del lupo o un felino dai denti a sciabola. Poco dopo Thorndale, gli esseri umani spariscono completamente dal paesaggio. Non siamo sicuri del motivo per cui tutti questi animali grandi e fantastici siano scomparsi proprio nel periodo in cui arriva sulla scena l'uomo, ma molti sospettano che non sia esattamente una coincidenza.



A nord, la calotta glaciale in espansione inghiotte gran parte del continente, ma non arriva fin qui a sud, dove sei tu: ne senti quindi solo gli effetti indiretti, le variazioni del clima intorno a te.

Dopo una settimana di cammino, ti trovi in Arkansas. Dopo la sua improvvisa incursione nel continente all'inizio della tua passeggiata, il ghiaccio si è lentamente, irregolarmente, ritirato in Canada e il mare si è alzato a coprire le terre costiere ormai aride. Più o meno nello stesso periodo, erutta un supervulcano a Sumatra, in Indonesia, creando quello che oggi è il lago Toba. Alcuni ipotizzano che l'eruzione abbia provocato un inverno globale della durata di un decennio e causato il crollo della popolazione umana, ma l'ipotesi è contestata. Se puoi fermarti un minuto e prendere appunti su ciò che vedi, molti ricercatori lo apprezzerebbero davvero.

Cari archeologi del futuro,  
l'eruzione del Toba ha  
provocato degli inverni più  
freddi, ma nessun collo  
di bottiglia della popolazione.  
Comunque, buona fortuna  
a cercare di capire il passato!  
Ce la potete fare. XXX  
P.S. In questa fase interglaciale  
gli scoiattoli volanti sono supersonici.  
Non ho idea di cosa significhi.



Dopo dieci giorni di cammino, raggiungi il Mississippi, leggermente prima di quanto ti aspetti. Il fiume è vecchio – c'è, in una forma o nell'altra, da milioni di anni – ma si muove parecchio e probabilmente lo trovi un po' a ovest della sua posizione attuale. Mentre ti avvicini, lo vedi dimenarsi su e giù attraverso una pianura alluvionale, con anse che si lanciano in avanti e indietro quasi a passo d'uomo, circondate da una sfocatura tremolante dovuta alle inondazioni periodiche che sommergono le pianure tutt'intorno a te. Spero che, qualunque sia il fenomeno che mantiene pieni d'aria i tuoi lenti polmoni, ti impedisca anche di annegare mentre cerchi di attraversare un fiume che scorre, dal tuo punto di vista, all'1 o 2% della velocità della luce.



Supponendo che tu sia riuscito ad attraversare il fiume, sulla riva opposta troverai un paesaggio molto più artico. Sorpresa: è un'altra glaciazione!



È la glaciazione dell'Illinoiano, uno degli episodi glaciali più estremi del Nordamerica. Il tuo percorso passa un po' troppo a sud perché i ghiacciai stessi possono raggiungerti, ma prima della loro espansione, intorno a te si verificano piene glaciali al contrario. Torrenti di acqua di disgelo emergono periodicamente dall'oceano e ti superano mentre si precipitano a nord per dirigersi verso le pareti di ghiaccio e congelarsi sul posto.

Durante la settimana o giù di lì che ci metti ad attraversare le foreste boreali di abeti rossi e pini di Banks del Tennessee e del Kentucky, la temperatura aumenta costantemente. A tre settimane dall'inizio, quando hai raggiunto il fiume Ohio e gli Appalachi, il clima è decisamente caldo. Ti trovi al culmine di un periodo interglaciale, 240.000 anni fa, quando le temperature erano quasi alte quanto oggi.<sup>1</sup>

Mentre attraversi gli Appalachi, le calotte glaciali fanno un ultimo balzo verso di te, all'interno di quello che viene chiamato periodo glaciale MIS-8, tra 250.000 e 300.000 anni fa. Probabilmente passeresti abbastanza a sud per evitarle, ma se ti capita di seguire un percorso più a nord, potresti incontrare un muro pulsante che si espande e si ritira con le stagioni. Se ti avvicini troppo, i margini della calotta glaciale possono occasionalmente avanzare con la velocità di un treno merci e molta più energia. Non avvicinarti troppo.

<sup>1</sup> Sto scrivendo all'inizio del ventunesimo secolo.



Mentre ti avvicini a New York attraverso le colline del New Jersey settentrionale, inizialmente vedi una pianura erbosa, con fiumi che la attraversano verso sud-est. Man mano che ti avvicini, però, appare in lontananza il mare. Ha l'aspetto di una mareggiata lunga e lenta che avanza a singhiozzo sul terreno, a volte a passo d'uomo. Quando raggiungi New York, circa 300.000 anni fa, la spiaggia è lì ad accoglierti, piuttosto vicina alla costa attuale.

Anche se l'oceano si trova più o meno nello stesso posto, il paesaggio di New York non sarebbe particolarmente riconoscibile. I moderni punti di riferimento che ci sono familiari sono stati spazzati via dai ghiacciai e rimodellati dai fiumi negli ultimi 300.000 anni.

Nel primo *Cosa accadrebbe se?*, il lettore si trova a New York e balza indietro nel tempo, saltando da 100.000 anni fa a 1.000.000 di anni fa. Forse se ti trovi nel punto giusto e gridi per attirare la sua attenzione al momento giusto...



... potreste incontrarvi e andare a mangiare qualcosa.

## 57. IL TUBO DI AMMONIACA

D

Cosa accadrebbe se mi introducessi dell'ammoniaca nello stomaco attraverso un tubo? A che velocità dovrebbe arrivare per ustionare lo stomaco a causa del calore rilasciato? Che cosa farebbe allo stomaco il cloro che si forma?

**Becca**

Sono un po' preoccupato per le tue lezioni di chimica.



Questa è sicuramente una delle domande più allarmanti che ho ricevuto, ma devo ammettere che sono anche estremamente curioso sulla risposta.

CHE COSA SUCCIDE QUANDO INFILIAMO UNA MANO NELLA LAVA? OTTIMA DOMANDA!

ANDIAMO AL VULCANO DELLA SCIENZA!



Derek Lowe, ricercatore chimico e autore del blog *In the Pipeline*, ha molta esperienza diretta con sostanze chimiche sgradevoli: per questo gli ho chiesto che ne pensa di cosa farebbe l'ammoniaca allo stomaco. La bella notizia, mi ha detto, è che la reazione non produrrebbe cloro. L'ammoniaca è una base e quindi reagirebbe direttamente con gli acidi contenuti nello stomaco e li neutralizzerebbe, formando un sale. Questo sale, il cloruro di ammonio, è leggermente irritante per l'apparato digerente ma di per sé non particolarmente nocivo. Tuttavia, questa reazione produce anche molto calore e così soffriresti di ustioni allo stomaco mentre l'acido e l'ammoniaca si neutralizzano.

Non tutta l'ammoniaca verrebbe neutralizzata. “Il fattore limitante sarebbe l’acido,” mi ha spiegato Lowe. Non c’è *molto* acido nello stomaco, quindi non ci vuole tanto prima che l’ammoniaca lo neutralizzi tutto. “A quel punto,” spiega, “si passa al danno diretto ai tessuti.”



In una rassegna sulla tossicità dell'ammoniaca, dal sito di consultazione sulla medicina StatPearls, compaiono le seguenti espressioni:

- “Reazione infiammatoria”
- “Cicatrici irreversibili”
- “Lesione termica significativa”
- “Necrosi da liquefazione”
- “Lesioni lungo il tubo digerente”
- “Denaturazione delle proteine”
- “Perforazione dei visceri cavi”
- “Saponificazione”



La saponificazione, qualora vi interessasse, è la conversione dei lipidi – in questo caso le membrane che tengono insieme le nostre cellule – in sapone. Ciò fa cadere fuori l'interno delle cellule, il che è negativo per ragioni che spero *davvero* non richiedano una spiegazione.



In conclusione:

1. Non riempirti lo stomaco di ammoniaca.
2. Qualcuno dovrebbe probabilmente tenere d'occhio le lezioni di chimica di Becca.

ORA, RAGAZZI, IMPAREREMO COME SI FA AD  
ARRICCHIRE L'URANIO SENZA CHE QUEGLI IMPICCIONI  
DI ISPETTORI INTERNAZIONALI LO SCOPRANO!



## 58. UN PALO DALLA LUNA ALLA TERRA

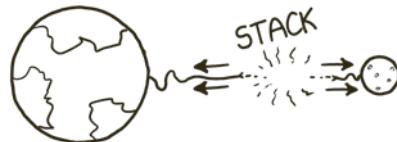
D

Mio figlio (che ha cinque anni) mi ha chiesto  
oggi: se ci fosse una specie di palo  
dei pompieri che va dalla Luna alla Terra,  
quanto ci si metterebbe a scivolare da lì a qui?

**Ramon Schönborn, Germania**

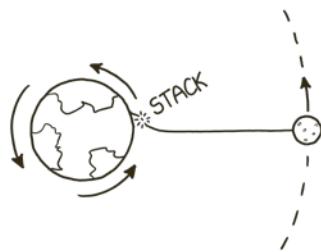
**Per cominciare, chiariamo alcune cose:**

nella vita vera non possiamo mettere un palo di metallo tra la Terra e la Luna.<sup>1</sup> L'estremità del palo vicina alla Luna verrebbe attratta verso di essa dalla gravità lunare, mentre il resto verrebbe attratto sulla Terra dalla gravità terrestre. Il palo si spaccherebbe a metà.



Questa idea ha anche un altro problema: la superficie terrestre ruota a velocità maggiore di quella a cui la Luna le orbita attorno, quindi l'estremità che scende fino alla Terra si spezzerebbe se provassimo a collegarla al suolo:

<sup>1</sup> Tra l'altro, qualcuno alla NASA probabilmente ci sgriderebbe.



C'è un<sup>2</sup> altro problema: la Luna non è sempre alla stessa distanza dalla Terra. La sua orbita la porta ora più vicino ora più lontano. La differenza non è enorme, ma è sufficiente a far sì che le migliaia di chilometri del nostro palo dei pompieri vengano schiacciati contro la Terra una volta al mese.

Ma ignoriamo questi problemi! Immaginiamo di avere un palo magico che penzola dalla Luna fino a poco sopra la superficie terrestre, espandendosi e contraendosi in modo da non toccare mai del tutto il suolo. Quanto tempo ci vorrebbe per scivolare giù dalla Luna?

Se ti trovassi accanto all'estremità del palo sulla Luna, diventerebbe subito chiaro un problema: devi scivolare *su* per il palo, e non è così che funziona per i pompieri.



Invece di scivolare, dovrà arrampicarti.

C'è chi è in grado di arrampicarsi sui pali abbastanza velocemente. I primatisti del mondo di arrampicata sul palo<sup>3</sup> riescono a salire a oltre un metro al secondo nelle competizioni ufficiali.<sup>4</sup> Sulla Luna, la gravità è molto più debole, quindi dovrebbe essere più

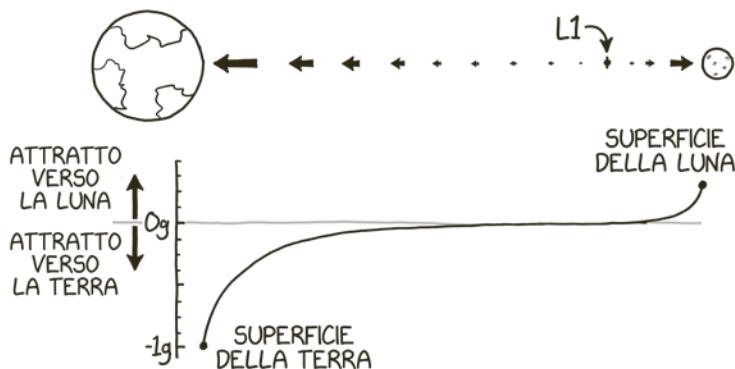
<sup>2</sup> D'accordo, sto mentendo: ci sono tipo centinaia di altri problemi.

<sup>3</sup> Certo che c'è un primato mondiale di arrampicata sul palo.

<sup>4</sup> Certo che ci sono competizioni ufficiali.

facile arrampicarsi. D'altra parte, sarà necessaria una tuta spaziale, che probabilmente ti rallenterà un po' i movimenti.

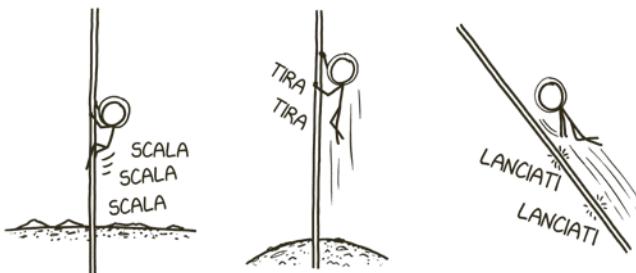
Se sali abbastanza in alto sul palo, la gravità terrestre prenderà il sopravvento e comincerà a trascinarti verso il basso. Mentre sei aggrappato al palo sono tre le forze che agiscono su di te: la gravità terrestre che ti attira verso la Terra, la gravità della Luna che ti allontana dalla Terra e la forza centrifuga del palo oscillante che ti allontana dalla Terra.<sup>5</sup> All'inizio, la combinazione della gravità lunare e della forza centrifuga è maggiore e ti attrae verso la Luna, ma via via che ti avvicini alla Terra, la gravità terrestre prende il sopravvento. La Terra è più pesante della Luna e quindi raggiungerai questo punto, noto come punto di Lagrange L1, quando sei ancora abbastanza vicino alla Luna.



Sfortunatamente per te, lo spazio è grande,<sup>[senza fonte]</sup> e quindi “abbastanza vicino” è ancora un mucchio di strada. Anche se sali a una velocità migliore del primato mondiale ti ci vorranno comunque diversi anni per raggiungere la boa del punto L1.

Man mano che ti avvicini al punto L1, inizierai a passare dalla scalata alla spinta-e-planata: puoi spingere una volta e poi procedere per inerzia per una lunga distanza su per il palo. Non devi nemmeno aspettare di fermarti: puoi afferrare di nuovo il palo e darti una spinta per muoverti ancora più veloce, come quando si accelera più volte con il piede andando sullo skateboard.

<sup>5</sup> Alla distanza dell'orbita della Luna e alla velocità a cui essa si muove, la forza centrifuga che spinge verso l'esterno è esattamente bilanciata dalla gravità terrestre, che è proprio il motivo per cui la Luna orbita a quella distanza.



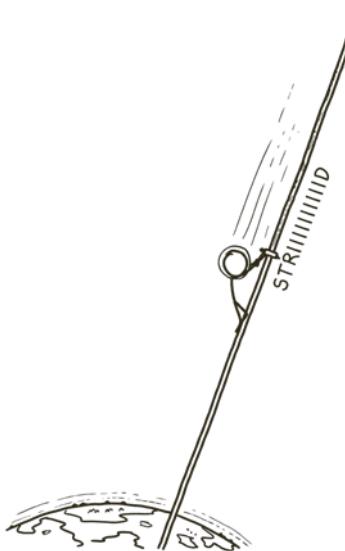
Alla fine, quando ti avvicini al punto L1 e non devi più contrastare la gravità, l'unico limite alla velocità sarà quanto rapidamente riesci ad afferrare il palo e "tirartelo" dietro. I migliori lanciatori di baseball sono in grado di muovere le mani a circa 150 chilometri orari quando scagliano un oggetto: difficilmente puoi aspettarti di procedere molto più veloce di così.

*Nota: mentre stai lanciando te stesso, fa' attenzione a non andare alla deriva fuori dalla portata del palo. Spero che ti porti dietro qualche fune di sicurezza, per riavvicinarti in caso accada.*

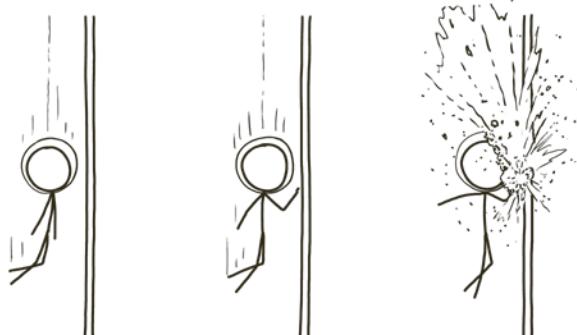


Dopo qualche altra settimana in cui plani lungo il palo, inizierai a sentire la gravità che prende il sopravvento e ti accelera a una velocità maggiore di quella che puoi raggiungere spingendoti. Quando ciò accade, fa' attenzione: presto dovrai cominciare a preoccuparti di andare *trop*po veloce.

Quando ti avvicini alla Terra e l'attrazione della sua gravità aumenta, inizierai ad andare parecchio veloce. Se non ti fermi, raggiungerai la sommità dell'atmosfera circa alla velocità di fuga – 11 chilometri al secondo – e l'impatto con l'aria produrrà tanto calore che rischierai di bruciare. I veicoli spaziali affrontano questo problema utilizzando scudi termici, che sono in grado di assorbire e dissipare questo calore senza che il veicolo spaziale sia danneggiato. Dato che hai questo pratico palo di metallo, puoi controllare la discesa facendo presa e controllando la velocità con l'attrito.



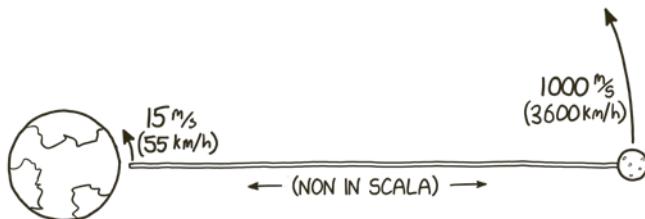
Assicurati di mantenere la velocità bassa per tutto l'avvicinamento e la discesa e, se necessario, fermati per far raffreddare le mani o le pastiglie dei freni, piuttosto che aspettare fino alla fine per cercare di rallentare. Se raggiungi la velocità di fuga e poi all'ultimo minuto ti ricordi che devi rallentare, ti aspetta una spiacevole sorpresa quando cercherai di aggrapparti al palo. Nella migliore delle ipotesi, verrai scagliato via, precipiterai e ti sfracellerai. Nel peggio dei casi, le tue mani e la superficie del palo saranno entrambe trasmutate in nuove entusiasmanti forme di materia, e *poi* verrai scagliato via, precipiterai e ti sfracellerai.



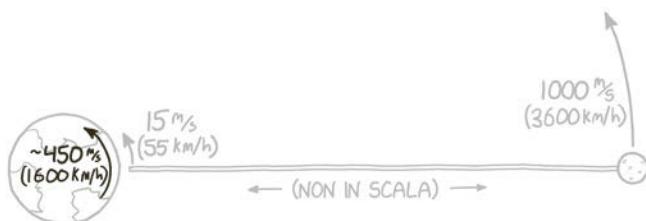
Supponendo che tu scenda lentamente ed entri nell'atmosfera in modo controllato, incontrerai presto il tuo prossimo problema: il tuo palo non si muove alla stessa velocità della Terra. Neanche lontanamente. Il suolo e l'atmosfera sotto di te si stanno muovendo a grande velocità rispetto a te. Stai per calarti in un vento intensissimo.



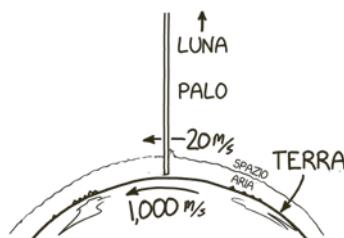
La Luna orbita attorno alla Terra a una velocità di circa 1 chilometro quadrato, facendo tutto il giro ogni 29 giorni circa. Questa è la velocità a cui si sposterà l'estremità superiore del nostro ipotetico palo da pompiere. L'estremità inferiore forma un cerchio molto più piccolo nello stesso lasso di tempo, muovendosi a una velocità media di appena 55 chilometri all'ora circa rispetto al centro dell'orbita lunare.



Ora, 55 chilometri all'ora non sembra troppo male. Sfortunatamente per te, però, anche la Terra ruota<sup>6</sup> e la sua superficie si sposta a una velocità *molto* maggiore di 55 chilometri all'ora; all'equatore, può superare i 1500 chilometri all'ora.<sup>7</sup>



Sebbene l'estremità del palo si muova lentamente rispetto alla Terra nel suo insieme, si muove molto velocemente rispetto alla *superficie*.



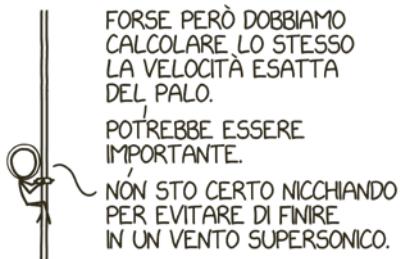
Chiedere a che velocità si muove il palo rispetto alla superficie è in realtà lo stesso che chiedere qual è la velocità della Luna rispetto al suolo. È difficile da calcolare, perché questa velocità varia nel tempo in modo complicato. Per nostra fortuna, non varia

<sup>6</sup> Intendo “sfortunatamente” in questo specifico contesto. In generale, il fatto che la Terra ruoti è una grande fortuna per te e per l’abitabilità complessiva del pianeta.

<sup>7</sup> È risaputo che l’Everest è la montagna più alta della Terra, misurata dal livello del mare. Una curiosità un po’ meno nota è che il punto della superficie terrestre più lontano dal centro del pianeta è la vetta del monte Chimborazo in Ecuador, a causa del fatto che il pianeta si allarga all’equatore. Ancora più oscura è la questione di quale punto della superficie terrestre si muova *più velocemente* mentre la Terra ruota, il che equivale a chiedere quale punto sia più lontano dall’asse terrestre. La risposta non è né il Chimborazo né l’Everest. Il punto più veloce risulta la vetta del monte Cayambe,\* un vulcano a nord del Chimborazo. Ora lo sapete.

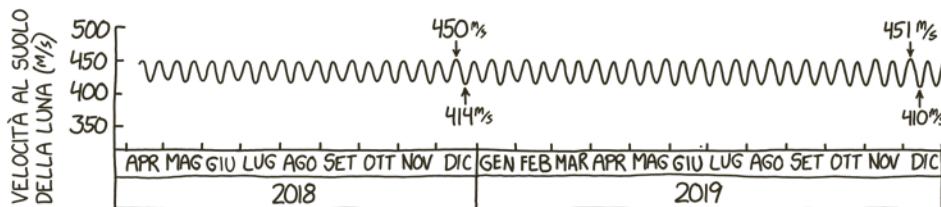
\* Il versante meridionale del monte Cayambe è anche il punto più alto della superficie terrestre che si trova direttamente sull’equatore. So molte cosette sulle montagne.

poi così tanto: di solito è compresa tra 390 e 450 metri al secondo, cioè poco più di Mach 1, quindi non è necessario calcolare il valore preciso.

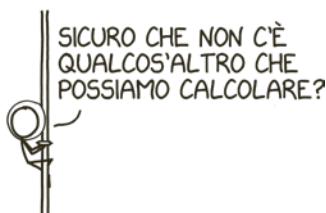


Guadagniamo un po' di tempo cercando comunque di calcolarlo.

La velocità al suolo della Luna varia in modo abbastanza regolare, con un andamento all'incirca sinusoidale. Raggiunge il picco due volte al mese mentre passa sopra il veloce equatore, per poi raggiungere un minimo quando si trova sopra i più lenti tropici. La velocità orbitale della Luna varia anche a seconda del punto in cui si trova nella propria orbita. Tutto ciò porta a una velocità al suolo a forma di onda più o meno sinusoidale:



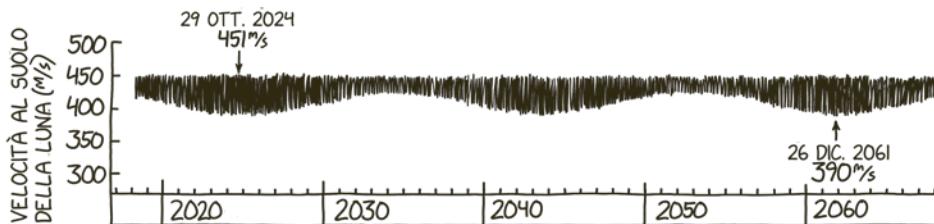
Bene, pronto a saltare?



Va bene. C'è un altro ciclo che possiamo prendere in considerazione per essere precisissimi sulla velocità al suolo della Luna. L'orbita della Luna è inclinata di circa

5 gradi rispetto al piano Terra-Sole, mentre l'asse terrestre è inclinato di 23,5 gradi. Ciò significa che la latitudine della Luna varia come quella del Sole, passando due volte all'anno dai tropici settentrionali ai tropici meridionali.

Ma anche l'orbita della Luna è inclinata e questa inclinazione ruota con un ciclo di 18,9 anni. Quando l'inclinazione della Luna è nella stessa direzione di quella terrestre, rimane 5 gradi più vicina all'equatore rispetto al Sole, mentre quando è nella direzione opposta, raggiunge latitudini più estreme. Quando la Luna si trova sopra un punto più lontano dall'equatore, ha una velocità al suolo inferiore, e quindi l'estremità più bassa dell'onda sinusoidale scende. Ecco un grafico della velocità al suolo della Luna nei prossimi decenni:



La velocità massima della Luna rimane abbastanza costante, mentre quella minima aumenta e diminuisce con un ciclo di 18,9 anni. Il minimo assoluto di velocità del prossimo ciclo sarà il 1° maggio 2025: quindi se ti va di aspettare fino al 2025 per fare la tua scivolata, puoi raggiungere l'atmosfera quando il palo si muove ad appena 390 metri al secondo rispetto alla superficie terrestre.



Quando finalmente entrerai nell'atmosfera, scenderai vicino al margine dei tropici. Cerca di evitare la corrente a getto tropicale, una corrente d'aria nella parte alta dell'atmosfera che soffia nella stessa direzione in cui ruota la Terra. Se capita che il tuo palo la attraversi, potrebbe aggiungere fra i 50 e i 100 metri al secondo alla velocità del vento.

Dovunque tu scenda, dovrà fare i conti con venti supersonici: sarà il caso di vestirti molto pesante. Assicurati di essere ben fissato al palo, poiché il vento e le varie onde d'urto ti colpiranno e scuoteranno con violenza. Spesso si dice: "Non è la caduta che uccide, è l'arresto improvviso alla fine." Purtroppo, in questo caso, probabilmente saranno entrambi.



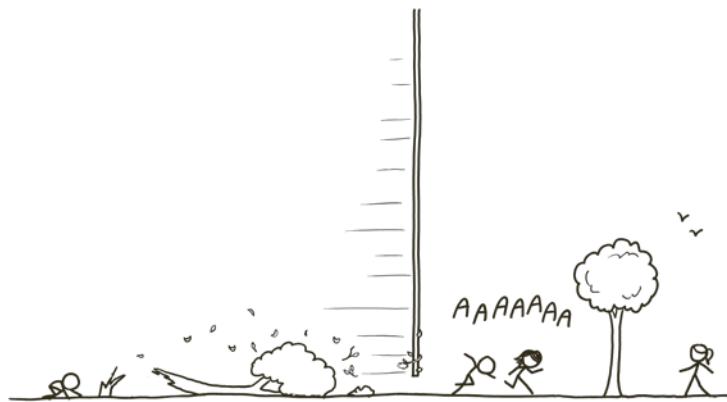
A un certo punto, per raggiungere il suolo, dovrà lasciare andare il palo. Per ovvi motivi, non vorrà saltare direttamente a terra mentre ti muovi a Mach 1. Sarà probabilmente il caso di aspettare fino a quando sarai più o meno alla quota di crociera degli aerei di linea – dove l'aria è ancora rarefatta, quindi non ti tira con troppa forza – e lì lasciar andare il palo. A quel punto, mentre l'aria ti porta via e cadi verso la Terra, puoi aprire il paracadute.



Così, finalmente, potrai planare in sicurezza fino al suolo, dopo aver viaggiato dalla Luna alla Terra usando soltanto la tua forza. Se non esiti troppo in fondo al palo prima di saltare, l'intero viaggio durerà pochi anni, per la maggior parte trascorsi a risalire il palo vicino alla superficie della Luna.



Quando hai finito, ricordati di togliere il palo. Lasciarlo lì è di sicuro un pericolo per la sicurezza.



#5

# risposte brevi

D

La vita potrebbe evolversi all'interno di un microonde acceso ininterrottamente?

**Abby Doth**

QUAL È DAVVERO LA RISPOSTA	QUALE RISPOSTA CI ASPETTEREMMO	
	SÌ	NO
SÌ	NEL MIT CI SONO AULE?	NELL'AMHERST COLLEGE C'E UN RIFUGIO ATOMICO?
NO	GLI SCIENZIATI SANNO COME SI VERIFICANO I FULMINI?	SI PUÒ MANGIARE UN ANIMALE AFFETTO DA RABBIA? LA VITA PUÒ EVOLVERSÌ IN UN MICROONDE

**D**

Stasera, nel pronto soccorso dove lavoro come infermiere, un paziente (sotto l'effetto di metanfetamine) mi ha chiesto dell'acqua. Sono tornato con un bicchiere di carta pieno d'acqua, che il paziente mi ha subito scagliato addosso. Mi ha mancato ma ha preso il muro in un modo del tutto improbabile: l'imboccatura è finita contro la parete, cosicché il bicchiere ha trattenuto il grosso del liquido. Mi è venuto da pensare che sarebbe possibile lanciare un bicchiere d'acqua con tanta forza da fargli attraversare il muro. È possibile?

**Pete, infermiere**

Certo, qualsiasi cosa passa attraverso un muro se la si lancia abbastanza forte. Inoltre, penso che questa domanda potrebbe violare le norme sulla riservatezza dei dati sanitari.

**D**

Quanto lentamente dovrei masticare per consumare grissini ininterrottamente?

**Miller Broughton**

Un grissino all'aglio della catena statunitense di ristoranti "italiani" Olive Garden fornisce 140 calorie: quindi, per sostenere il normale metabolismo a riposo, bisognerebbe mangiare poco meno di un grissino all'ora.

Se dividi ogni grissino in 20 bocconi...



... e mastichi una volta al secondo...

... e mastichi ogni boccone 200 volte, che è il doppio delle 100 masticazioni raccomandate da Horace Fletcher, il tipo strambo e ossessionato dalla masticazione che visse all'inizio del Novecento e non era neppure un medico...



... allora puoi mangiare infiniti grissini.

SAI UNA COSA? MI SA CHE  
NON MI VANNO INFINTI GRISSINI.



**D**

Se in qualche modo togliessimo l'albume e il tuorlo dall'interno di un uovo (di gallina) e li sostituissimo con elio, il guscio fluttuerebbe a mezz'aria?<sup>1</sup>

**Elizabeth**

<sup>1</sup> Questa domanda è ispirata a un episodio della trasmissione televisiva britannica *Taskmaster*, in cui il concorrente Mawaan Rizwan ha cercato, senza successo, di fare proprio questo.

**No! Un uovo medio pesa** circa 50 grammi. Ma l'aria corrispondente al volume del guscio pesa appena 50 milligrammi circa e quindi, anche se all'interno ci fosse il vuoto, non sarebbe in grado di sollevare più di 50 milligrammi di peso.

Un guscio d'uovo pesa qualche grammo, quindi rimarrebbe a terra.



C'è un modo semplice per rispondere a domande del tipo “fluttuerebbe?” senza fare troppi calcoli complicati. L'acqua ha una densità circa mille volte maggiore di quella dell'aria,<sup>2</sup> e quindi se vogliamo sapere se qualcosa potrebbe fluttuare riempiendolo di elio, basta stimare quanto peserebbe riempiendolo d'acqua, e poi spostare la virgola di tre posti. Questa è la galleggiabilità che potrebbe generare, cioè quanto possono pesare al massimo le parti solide per poter fluttuare a mezz'aria.

Per esempio, un acquario pieno d'acqua potrà pesare 150 chilogrammi. Questo vuol dire che sposta circa 0,150 chilogrammi di aria, cioè 150 grammi, che corrisponde all'incirca al peso di un grosso smartphone. Dato che un acquario vuoto pesa decisamente più di uno smartphone, un acquario pieno di elio non si solleverà in aria.

**D**

Che odore avrebbero le stelle, se potessimo annusarle?

**Finn Ellis**

<sup>2</sup> In realtà il rapporto è più vicino a 830, ma se arrotondiamo a 1000, è più semplice e inoltre compensa perfettamente il peso dell'elio – che stavamo ignorando – dandoci così la risposta corretta. A volte, nei calcoli, due cose sbagliate ne fanno una giusta!

**Acre e pungente, come la** candeggina o la gomma bruciata.



Le stelle sono fatte di plasma ionizzato: un mucchio di particelle cariche che sfrecciano ad alta velocità. Non c'è modo di annusarle senza ustionarsi, ma immaginiamo che tu sia riuscito a prelevare un campione del plasma e abbia rallentato le particelle tanto da poterne sentire l'odore, senza cambiarne la composizione chimica.

Il plasma si legherebbe immediatamente alla superficie interna del naso. Le particelle ionizzate sono estremamente reattive dal punto di vista chimico e gli ioni inizierebbero a scambiare elettroni con la superficie interna del naso e a formare molecole chimicamente reattive – i radicali liberi – nel muco che copre i recettori olfattivi. I recettori sono normalmente abili a distinguere gli stimoli, ma questo tipo di molecole libere e sbilanciate si legano a qualsiasi cosa: quindi verrebbero attivati molti recettori contemporaneamente.

Possiamo avere un'idea dell'odore di una stella da uno studio del 1991 in cui si esaminarono persone le cui cavità nasali erano state irradiate per un trattamento oncologico. Riferirono di aver avvertito un odore sgradevole all'accensione della macchina, che in vari modi descrissero come simile a “cloro”, “ammoniaca che brucia”, “freni che fumano” e “sedano o candeggina”. L'odore sgradevole dei trattamenti con radiazioni era probabilmente dovuto ai raggi gamma che ionizzavano il muco nel rivestimento nasale e creavano ozono e radicali liberi, attivando i recettori olfattivi nello stesso modo in cui lo potrebbe fare il plasmastellare.



In altre parole, le stelle probabilmente non hanno un buon odore.

Puoi provare tu stesso questo odore se annusi una zaffata di ozono, che è ciò che crea l'odore di bruciato che associamo alle scintille elettriche. Lo generano le apparecchiature ad alta tensione, alcuni motori elettrici e i fulmini. Ma fa' attenzione a non

respirarne troppo, dal momento che inalare una sostanza caustica non è il massimo per naso, gola o polmoni.

E IL SAPORE DI UNA STELLA, COME SAREBBE?



In realtà è molto più facile ipotizzare che sapore avrebbe una stella: aspro. I recettori dell'acido sulla nostra lingua sono attivati da ioni idrogeno liberi, che di solito incontriamo negli alimenti sotto forma di liquidi acidi. La maggior parte dell'atmosfera di una stella è composta da ioni idrogeno, e quindi attiverebbe direttamente questi recettori, conferendo a una stella un sapore straordinariamente aspro.

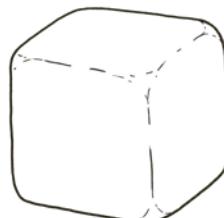


**D**

Qual è la grandezza media di tutti gli oggetti artificiali del pianeta?

**Max Carver**

Né troppo grande, né troppo piccola. Nella media.



OGGETTO DI DIMENSIONI MEDIE (NON IN SCALA)

D

Nate Yu

SONO D'ACCORDO. NATE.



## 59. NEVE GLOBALE

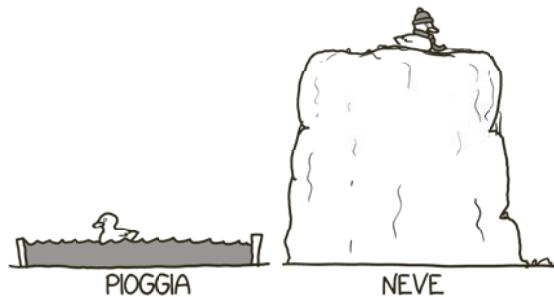
D

Da mio figlio Owen, che ha sette anni: quanti fiocchi di neve servirebbero per coprire tutto il mondo per uno spessore di 1,80 metri?  
(Non so perché proprio 1,80 metri...  
ma lui ha chiesto così.)

**Jed Scott**

**La neve è soffice perché** contiene tanta aria. La stessa quantità di acqua che forma un centimetro di pioggia formerebbe molto più di un centimetro di neve.

Un centimetro di pioggia equivale di solito a circa 12 centimetri di neve, ma dipende dal tipo di neve. Se la neve è leggera e soffice, allora un centimetro di pioggia ne può produrre oltre 20 di neve!



Tutte le nuvole del mondo, messe insieme, contengono circa 13.000 miliardi di tonnellate d'acqua. Se tutta quest'acqua fosse distribuita uniformemente e cadesse insieme, ricoprirebbe la Terra di 2,5 centimetri di pioggia, o 30 centimetri di neve.

La maggior parte della Terra è oceano. Se facessimo cadere l'acqua soltanto sulla terraferma, ce ne sarebbe abbastanza per 8-10 centimetri d'acqua, che è quanta ne cade in un temporale molto intenso.

Quindi 8-10 centimetri di acqua dovrebbero corrispondere a 95-120 centimetri di neve, giusto?

Quasi, ma c'è un problema. Quando la neve si accumula, quella sul fondo si schiaccia. Se cadono 30 centimetri di neve, e poi ne cadono altri 30 centimetri, la neve sul fondo si comprime, cosicché l'intero mucchio è alto meno di 60 centimetri.

Se non facciamo niente alla neve, lentamente diventa sempre meno profonda, man mano che si deposita e si compatta. Ciò significa che anche se cadessero ovunque 1,80 metri di neve, lo spessore sarebbe questo solo all'inizio. In poco tempo, potrebbe diventare un metro e mezzo. (Questo succede anche agli esseri umani. Diventiamo più bassi nel corso della giornata, via via che il corpo si comprime un po'!)



Questo può rendere difficile registrare esattamente quanta neve cade e, a volte, anche i meteorologi hanno difficoltà! Se aspettiamo la fine di una tempesta di neve per misurare quanta ne è caduta, potrebbe essere molto compressa, o parte della neve può essersi sciolta e rileveremo un dato troppo basso.

Invece di aspettare la fine della tempesta, possiamo misurare la neve via via. Aspettiamo che ne cada un po', la misuriamo, poi la togliamo e attendiamo che ne cada altra.

Dobbiamo decidere quanta neve spazzare via. Se aspettiamo troppo a lungo, la neve può schiacciarsi troppo, ma se la misuriamo troppo spesso, sarà leggera e soffice e otterremo un numero troppo alto.

Che ci crediate o no, il National Weather Service statunitense ha scritto linee guida specifiche sulla frequenza con cui spazzare via la neve, in modo che tutti la misurino allo

stesso modo. Usano una tavola speciale per misurare la neve, che probabilmente è solo un normale pezzo di legno, ma mi piace immaginare che la trattino come uno strumento di precisione e la conservino sottochiave fino a quando non ne hanno bisogno.



Le linee guida ufficiali prescrivono di pulire la tavola di misurazione della neve ogni 6 ore. Alcuni anni fa c'è stata una grande tempesta di neve e l'aeroporto di Baltimora ha misurato 72,6 centimetri di neve. Sarebbe stato un nuovo primato. Ma poi il National Weather Service ha appreso che la persona che misurava la neve aveva sgomberato la tavola ogni ora invece che ogni 6 ore. Così non sapevano se considerarlo un primato o no.

Non so a che conclusione siano arrivati, perché 4 giorni dopo, un'altra bufera di neve ha colpito Baltimora e improvvisamente tutti hanno avuto cose più importanti di cui preoccuparsi. (Poi ce ne sono state anche altre. Era un inverno nevoso.)

Comunque, non si è mai visto un inverno con 1,8 metri di neve in tutto il mondo.<sup>1</sup> Una nevicata del genere richiederebbe, per rispondere alla domanda originale, un totale di circa  $10^{23}$  fiocchi di neve, zero più, zero meno. Con tanta neve, ognuno dei 70 milioni di bambini negli Stati Uniti potrebbe fare abbastanza palle di neve da colpire ogni altro bambino con una palla di neve, per tre volte.

Oppure, se quando si verifica la nevicata globale vivi in un posto in cui c'è un'estate calda, puoi semplicemente tenerti le palle di neve per te.



<sup>1</sup> A meno che la teoria della catastrofe di Toba del capitolo 56 non si riveli vera.

## 60. TROPPI CANI

D

Ipotizzando che una persona su quattro abbia un cane di 5 anni, e che il cane si riproduca una volta all'anno generando 5 cuccioli, e che i cuccioli comincino a riprodursi a 5 anni, smettano a 15 e muoiano a 20, quanto ci vorrebbe perché la Terra sia inondata di cuccioli, supponendo di avere tutto il cibo, l'acqua e l'ossigeno di cui hanno bisogno?

**Griffin**

**Se un quarto degli 8** miliardi di esseri umani sulla Terra avesse un cane, sarebbero 2 miliardi di cani, che è già un sacco. Nessuno sa di preciso quanti cani ci siano attualmente nel mondo, ma la maggior parte delle stime è inferiore a 2 miliardi.



L'anno successivo, quei 2 miliardi di cani avrebbero 10 miliardi di cuccioli,<sup>1</sup> portando il totale a 12 miliardi. Questo basta perché gli altri tre quarti degli abitanti della Terra abbiano ognuno un cucciolo tutto suo.



Nei primi 5 anni, quei 2 miliardi di cani continuerebbero ad avere 10 miliardi di cuccioli ogni anno. Entro la fine del quinto anno, ogni essere umano sulla Terra avrebbe una media di 6 o 7 cani.



Il sesto anno, i cuccioli nati il primo anno inizierebbero ad avere cuccioli propri, e partirebbe sul serio la crescita esponenziale. Quell'anno il numero di cani sarebbe più che raddoppiato, da 52 miliardi a 112 miliardi. L'anno successivo raddoppierebbe quasi di nuovo. Entro l'undicesimo anno, raggiungeremmo il punto *Carica dei 101*, in cui ci sarebbero 101 cani per ogni essere umano, e circa l'85% avrebbe meno di 5 anni.

<sup>1</sup> Suppongo che ogni cane produca 5 cuccioli, invece che ogni *coppia*. O formano effettivamente delle coppie e hanno 10 cuccioli (5 per genitore) oppure sono tutte femmine e si riproducono partenogeneticamente mediante clonazione.



Al punto *101*, la biomassa complessiva dei cani competerebbe con quella di tutte le altre forme di vita animale sulla Terra messe insieme. Dopo qualche altro anno, ci sarebbero 1001 cani per essere umano e la terra comincerebbe a diventare affollata. Se i cani fossero distribuiti in modo uniforme sulla superficie terrestre, si troverebbero a circa 5 metri l'uno dall'altro.



Dopo 15 anni, i cani iniziali raggiungerebbero i 20 anni – corrispondenti a 140 anni umani – e soccomberebbero alla vecchiaia, ma il loro numero sarebbe così esiguo rispetto alla popolazione mondiale di circa 10.000 miliardi di cani che la loro scomparsa rappresenterebbe un errore di arrotondamento.

Dopo 20 anni i cani si troverebbero ad appena un metro l'uno dall'altro su tutte le zone emerse della Terra, lasciando a noi esseri umani lo spazio appena sufficiente per infilarci scomodamente tra loro. Ma in qualunque punto del pianeta potresti allungare una mano e accarezzare un cane: niente male.

L'UNICO ASPECTTO NEGATIVO È CHE SE DICI LA PAROLA  
P-A-P-P-A MUORI ISTANTANEAMENTE.



Dopo 25 o 30 anni i cani sarebbero spalla a spalla e avrebbero iniziato a impilarsi. Per fortuna, lo scenario garantisce che abbiano cibo, acqua e una lunga vita,<sup>2</sup> e quindi supponiamo che si tratti di cani a cui piace impilarsi e lo tollerano felici. Nel giro di 40 anni i grattacieli inizierebbero a scomparire sotto l'oceano felice e latrante di pelo.

ADESSO SONO TROPPI CANI.

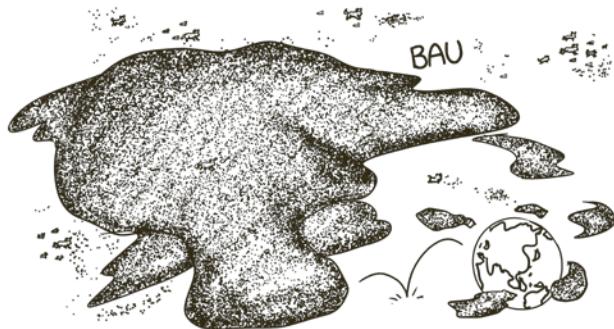


Nel decennio successivo l'ammasso di cani avrebbe inglobato le montagne e si sarebbe riversato negli oceani. A questo punto il tasso di crescita sarebbe stabile: il numero di cani aumenterebbe di un fattore pari a circa 1,6578 ogni anno. La popolazione canina totale in un dato anno si può stimare con una semplice funzione esponenziale.



<sup>2</sup> Chi ha letto il primo libro *Cosa accadrebbe se?* non vorrà un'altra situazione “Una mole di talpe”.

Trascorsi 55 anni, i cani avrebbero scalzato l'atmosfera e raggiunto una massa maggiore di quella della Luna. E dopo 65 anni, quando la loro popolazione avrà raggiunto 1 mole ( $6,022 \times 10^{23}$ ), avrebbero superato la massa della stessa Terra: non sarà più un pianeta con sopra dei cani, ma un branco di cani che ha trovato un pianeta con cui giocare.



Non potrà andare avanti per sempre così. Dopo 120 anni il bordo esterno della sfera canina in espansione inghiottirebbe il Sole. Anche se assumiamo che i cani formino una sorta di sfera di Dyson perché non accada...



... dopo circa 110 anni, quando la loro popolazione avrà superato i  $10^{30}$ , eserciterebbero un'attrazione gravitazionale tanto forte da subire un collasso relativistico.

Se la forza che tiene i cani vivi e contenti impedisce anche che collassino, siamo così saldamente al di fuori dell'ambito della fisica che non ha nemmeno senso parlare di cosa accadrebbe. Ma, per la cronaca, ecco le tappe che si raggiungerebbero:

- **150 anni:** I cani consumano il sistema solare, compresa la fascia di Kuiper.
- **197 anni:** Il bordo esterno della sfera canina inizia a espandersi a velocità maggiore di quella della luce.
- **200 anni:** I cani raggiungono Sirio.
- **250 anni:** I cani avvolgono la Via Lattea.
- **330 anni:** La sfera canina abbraccia l'universo osservabile.
- **417 anni:** La Disney distribuisce l'ultimo film della serie.



## 61. DENTRO IL SOLE

D

Quando avevo otto anni, mentre spalavo neve in una giornata gelida in Colorado, desiderai di potermi teletrasportare sulla superficie del Sole, per appena un nanosecondo, e poi di nuovo dov'ero. Immaginavo che sarebbe stato un tempo sufficiente per scaldarmi ma non tanto da farmi male. Cosa accadrebbe in realtà?

**AJ, Kansas City**

**Che tu ci creda o no**, non faresti in tempo nemmeno a scaldarti.

La temperatura della superficie del Sole è di circa 5800 kelvin,<sup>1</sup> qualcosa più qualcosa meno. Se ci rimani per un po', saresti ridotto in cenere, ma un nanosecondo non è molto lungo: è il tempo in cui la luce percorre quasi esattamente 30 centimetri.<sup>2</sup>

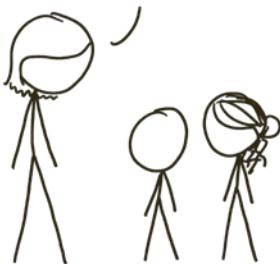
<sup>1</sup> O gradi centigradi. Quando le temperature iniziano a contenere molte cifre, cambia poco.

<sup>2</sup> Un nanosecondo luce è 11,8 pollici (29,979 centimetri), che è fastidiosamente vicino a un piede (ossia 12 pollici: 30,48 centimetri). Penso che sarebbe bello ridefinire il piede come esattamente un nanosecondo luce. Ne seguono alcune domande ovvie, come "Ridefiniamo il miglio in modo che continui a equivalere a 5280 piedi?" e "Ridefiniamo il pollice?" e "Un attimo, perché stiamo facendo tutto questo?" Ma a questo possono pensare altri. Io sono solo quello che butta lì le idee.



Immagino che tu sia rivolto verso il Sole. In generale, bisogna evitare di guardarlo direttamente, ma è difficile evitarlo quando occupa 180 gradi completi di visuale.

NON DOVETE GUARDARE  
DIRETTAMENTE IL SOLE,  
E SICURAMENTE  
NON DOVETE METTERCI  
LE MANI DENTRO.



In quel nanosecondo nel tuo occhio entrerebbe circa un microjoule di energia.

Un microjoule di luce non è molto. Se fissi il monitor di un computer a occhi chiusi, poi li apri e li richiudi rapidamente, durante questo battito di palpebre inverso<sup>3</sup> l'occhio assorbirà dallo schermo circa la stessa quantità di luce che riceverebbe in un nanosecondo sulla superficie del Sole.

<sup>3</sup> C'è una parola per dirlo? Dovrebbe esserci una parola per dirlo.

CHE C'È, CELLULE DELLA RETINA? TIMMY È CADUTO IN UN POZZO?<sup>4</sup>



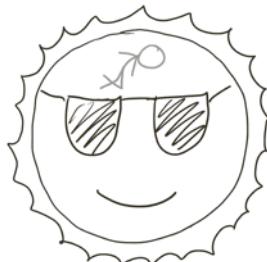
Durante quel nanosecondo, i fotoni del Sole ti inonderebbero gli occhi e colpirebbero le cellule della retina. Poi, alla fine del nanosecondo, torneresti a casa. Finora, le cellule della retina non avrebbero nemmeno iniziato a reagire. Nel corso dei prossimi milioni di nanosecondi (cioè millisecondi) le cellule, avendo assorbito un mucchio di energia luminosa, si attiverebbero e inizierebbero a segnalare al cervello che è successo qualcosa.

Trascorreresti un nanosecondo sul Sole, ma ci vorrebbero 30.000.000 di nanosecondi perché il cervello lo noti. Dal tuo punto di vista non vedresti altro che un lampo, e questo lampo sembrerebbe molto più lungo del tempo trascorso sul Sole; comincerrebbe a sbiadire solo quando le cellule della retina cominciano a calmarsi.

L'energia assorbita dalla pelle sarebbe minore, circa  $10^{-5}$  joule per centimetro quadrato di pelle esposta. Per fare un confronto, in base allo standard IEEE P1584 tenere il dito nella fiamma azzurra di un accendino a butano per 1 secondo fornisce alla pelle circa 5 joule per centimetri quadrati, che è all'incirca la soglia per ricevere un'ustione di secondo grado. Il calore ricevuto durante la tua visita al Sole sarebbe 5 ordini di grandezza meno intenso. A parte il debole lampo negli occhi, non te ne accorgeresti nemmeno.

Ma cosa accadrebbe se sbagliassi le coordinate?

La superficie del Sole è relativamente fredda. È più calda, per esempio, di Phoenix, in Arizona,<sup>[senza fonte]</sup> ma rispetto all'interno del Sole, è proprio gelida. La superficie è a una temperatura di qualche migliaio di gradi, ma l'interno è a qualche *milione* di gradi.<sup>5</sup> Cosa accadrebbe se passassi *lì dentro*?



UNA PERSONA ALL'INTERNO DEL SOLE (SIMULAZIONE DELLA NASA)

<sup>4</sup> Battuta proverbiale che rimanda alla serie *Lassie*, il cane che abbaiano avvisa gli adulti che Timmy, il suo giovane padrone, è in pericolo. (N.d.T.)

<sup>5</sup> Anche la corona, il gas sottile al di sopra della superficie, ha una temperatura di diversi milioni di gradi, e nessuno sa perché.

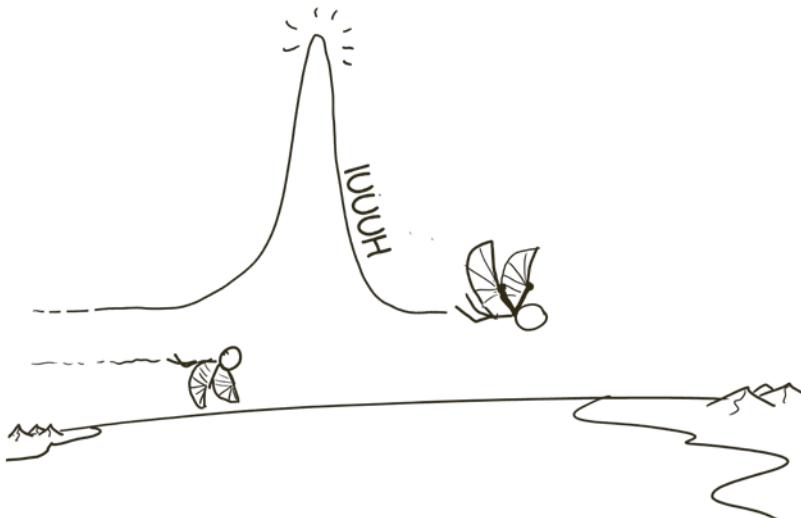
La legge di Stefan-Boltzmann ci permette di calcolare a quanto calore saresti esposto mentre sei all'interno del Sole. E il risultato non è buono. Supereresti lo standard IEEE P1584B per le ustioni di secondo grado dopo un *femtosecondo* nel Sole. Un nanosecondo, il tempo che ci trascorri, equivale a 1.000.000 di femtosecondi. Qui le cose non vanno a finire bene...

C'è qualche notizia positiva: nelle profondità del Sole, i fotoni che trasportano energia hanno lunghezze d'onda molto corte: sono per lo più una miscela di quelli che considereremmo raggi X duri e morbidi. Ciò significa che penetrano nel corpo a varie profondità, riscaldando i tuoi organi interni e inoltre ionizzando il tuo DNA, fino a provocare danni irreversibili prima ancora di iniziare a bruciarti. Rileggendo, mi accorgo che ho iniziato questo capoverso con "c'è qualche notizia positiva". Non so bene perché.



Nella mitologia greca Icaro volò troppo vicino al Sole, il calore gli fuse le ali e lui morì. Ma la fusione è un cambiamento di fase, che è funzione della temperatura. La temperatura è una misura dell'energia interna, che è l'integrale del flusso di potenza incidente *rispetto al tempo*. Non gli si fusero le ali perché volò troppo vicino al Sole, ma perché ci trascorse troppo tempo.

Fa' visite brevi, a piccoli salti, e puoi andare ovunque.



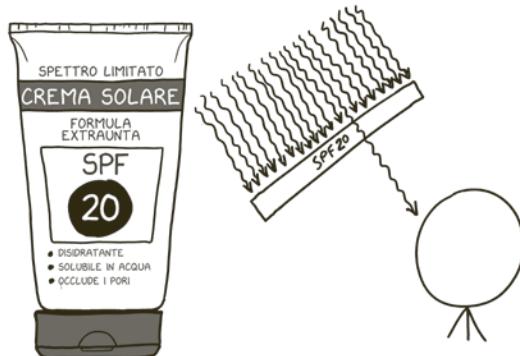
## 62. CREME SOLARI

D

Ammesso che il fattore di protezione delle creme solari funzioni come dovrebbe, quale servirebbe per un viaggio di un'ora sulla superficie del Sole?

**Brian e Max Parker**

**Quando una crema solare dichiara** un fattore di protezione (SPF) 20, significa che dovrebbe far passare solo 1/20 dei raggi ultravioletti del Sole, permettendoci di rimanere esposti 20 volte più a lungo prima di scottarci.

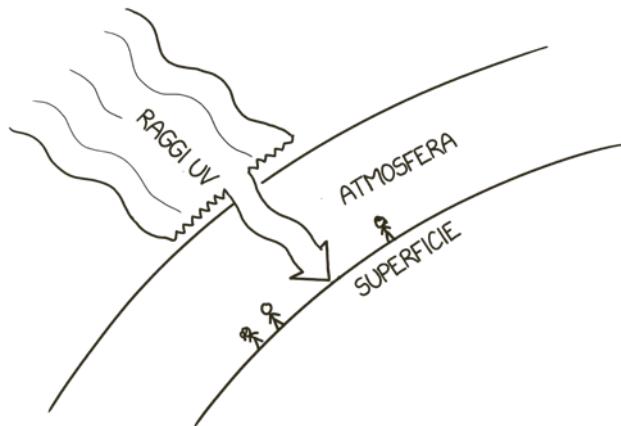


Vicino al Sole fa molto caldo.<sup>1</sup> Presso la superficie, l'intensità del calore e delle radiazioni è circa 45.000 volte maggiore rispetto a qui, dov'è l'orbita terrestre: quindi servirebbe un fattore di protezione 45.000 solo per raggiungere il livello del Sole visto dalla Terra.

<sup>1</sup> C. Santana, I. Shur, R. Thomas, *Smooth*, New York, Arista, 1999.



Inoltre, nello spazio, in generale, ci sono più radiazioni ultraviolette, dal momento che non c'è l'atmosfera terrestre a proteggerci.



Se gli astronauti non avessero tute che bloccano i raggi uv, si ustionerebbero molto più rapidamente che sulla Terra. (Dell'astronauta Apollo Gene Cernan si dice che nella sua tuta spaziale eliminò tanti strati di isolamento da subire una brutta scottatura solare sulla parte bassa della schiena.)

Lo spettro di lunghezze d'onda nello spazio è leggermente diverso da quello in superficie, ma l'indice uv complessivo nello spazio sarà circa 30 volte quello di una giornata di sole sulla Terra. Ciò significa che servirebbe un ulteriore aumento di un fattore 30 della protezione, portando a 1,3 milioni l'spf necessario.



In realtà, per fortuna, non è poi molta crema solare! In teoria, poiché l'spf è un moltiplicatore, quando se ne mettono più strati, è necessario moltiplicarne i fattori di protezione. Se applichiamo uno strato di crema solare con spf 20, solo 1/20 della radiazione solare dovrebbe raggiungere la pelle. Quindi, se si applica un *secondo* strato della stessa crema solare, dovrebbe ridurre quell'1/20 di un altro 1/20, con una riduzione totale di 1/400. Se ciò fosse vero, due strati di crema solare da spf 20 equivarrebbero a una crema solare con spf 400!



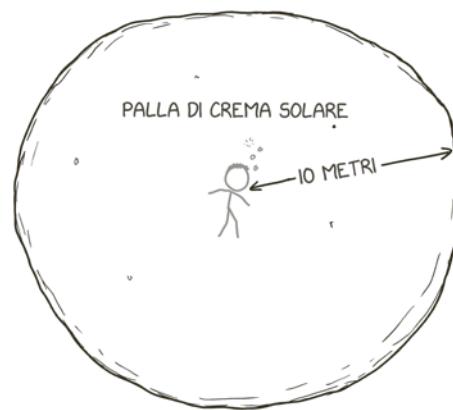
Cinque strati di crema solare spf 20 equivarrebbero a un fattore di protezione pari a 3,2 milioni, sufficienti per bloccare i raggi uv sulla superficie del Sole.



Gli standard dei test della Food and Drug Administration statunitense affermano che la protezione solare va applicata in uno strato di circa 20 micron di spessore,<sup>2</sup> il che significa che in teoria basterebbero 100 micron di protezione solare con fattore 20, circa lo spessore di un cappello umano, per essere al sicuro a qualunque distanza dal Sole.



Ciò è ovviamente sbagliato per molte ragioni, ma la principale è che la protezione solare non blocca il calore del Sole, ma solo i raggi UV. Per riuscire a bloccare la radiazione *termica* del Sole, che è sia visibile che infrarossa, servirebbe uno strato ben più spesso di crema solare, che a sua volta si riscalderebbe e bollirebbe. Anche uno strato di crema solare spesso 10 metri non ti proteggerebbe dalla cottura.



<sup>2</sup> In realtà, la protezione solare forma uno strato irregolare sopra i solchi e le protuberanze della pelle e la maggior parte delle "scottature" si verifica attraverso le "finestre" più sottili. Tra le irregolarità degli strati e il fatto che la maggior parte delle persone non applica la protezione solare con uno spessore sufficiente, le valutazioni SPF sono probabilmente troppo alte di un fattore 2 o più.

In teoria, una palla di crema solare di dimensioni sufficienti, sospesa vicino alla superficie del Sole potrebbe durare abbastanza a lungo da proteggerti, ma c'è un altro problema: per evitare di essere vaporizzato devi coprire tutto il corpo, mentre sul flacone c'è scritto *chiaramente* di evitare di farlo finire negli occhi.

Mi sa che è il caso di aggiungere anche questo all'elenco.

## COSE DA NON FARE (PARTE 3649 DI ????)

- N. 156.824: MANGIARE CARNE DI ANIMALI AFFETTI DA RABBIA
- N. 156.825: OPERARSI DA SOLI AGLI OCCHI CON IL LASER
- N. 156.826: DIRE ALLE AUTORITÀ DELLA CALIFORNIA CHE LA PROPRIA FATTORIA VENDE UOVA DI POKÉMON
- N. 156.827: FAR PASSARE L'INTERO FLUSSO D'ACQUA DELLE CASCATE DEL NIAGARA ATTRAVERSO LA FINESTRA APERTA DI UN LABORATORIO DI FISICA
- N. 156.828: POMPARI AMMONIACA NELL'ADDOME
- N. 156.829: (NUOVO!) SOSPENDERSI ALL'INTERNO DI UNA PALLA DI 10 METRI DI CREMA SOLARE E LANCIARSI NEL SOLE

## 63. CAMMINARE SUL SOLE

D

Quando il Sole avrà esaurito il suo combustibile diventerà una nana bianca e si raffredderà lentamente. Quand’è che sarà abbastanza freddo da poterlo toccare?

**Jabari Garland**

**Il Sole raggiungerà la temperatura ambiente** tra circa 20 miliardi di anni.

In questo momento<sup>1</sup> la temperatura del Sole sta aumentando perché il nucleo sta diventando più pesante, il che ne aumenta l’attrazione gravitazionale e fa bruciare l'idrogeno a ritmo più sostenuto. Fra circa 5 miliardi di anni inizierà a esaurire l'idrogeno da bruciare. Quando il nucleo collasserà sotto il proprio stesso peso, il calore del collasso attiverà vari disperati spasmi di fusione che gonfieranno gli strati esterni<sup>2</sup> e poi li faranno esplosione. A quel punto ciò che resterà del Sole si contrarrà in una palla inerte, che ruoterà rapidamente e sarà leggermente più grande della Terra: una nana bianca.

All'inizio, i resti del Sole saranno incandescenti per la violenza del collasso, ma l'astro si raffredderà gradualmente nel corso del tempo, via via che irradierà nello spazio questo calore. Dopo qualche miliardo di anni sarà più freddo di quanto sia oggi. Dopo 5 o 10 miliardi di anni, avrà la temperatura di un falò e irradierà quasi tutto il calore nell'infra-rosso. Poi, dopo altri 10 o 20 miliardi di anni, raggiungerà la temperatura ambiente.<sup>3</sup>

<sup>1</sup> 2022.

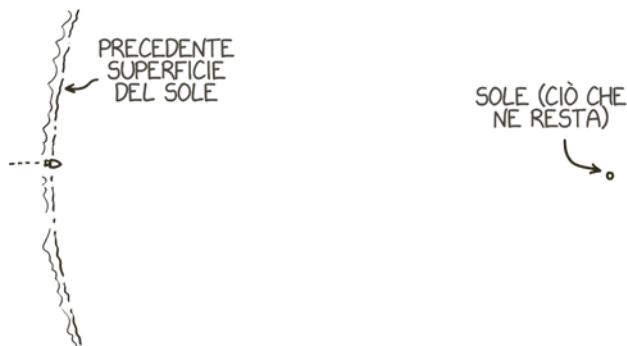
<sup>2</sup> E magari distruggeranno la Terra.\*

\* Il fatto che la distruzione della Terra sia relegata in una nota a piè di pagina dà qualche indizio sullo spirito di questo capitolo.

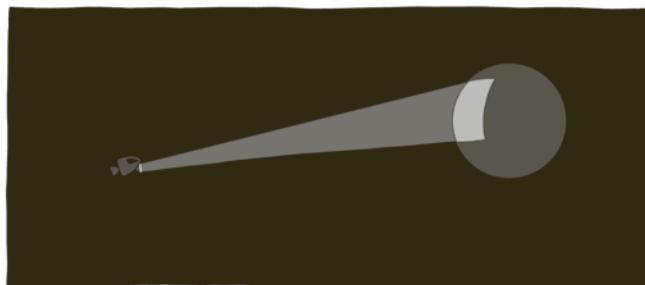
<sup>3</sup> Attualmente nel firmamento non ci sono stelle a temperatura ambiente perché l'universo non è abbastanza vecchio. La prima generazione di stelle nane bianche è tuttora calda dal tempo del loro collasso. Ci vorranno molti miliardi di anni perché si raffreddino. L'universo è ancora giovane

Potrai provare a toccarlo, ma forse non è il caso. Per capire perché, immaginiamo di salire su un'astronave e volare verso il Sole.

Ciò che rimane del Sole come nana bianca è molto più piccolo del vecchio Sole. Quando la tua navicella spaziale raggiungerà la precedente posizione della superficie del Sole, il Sole residuo apparirà appena più grande della Luna piena in cielo.<sup>4</sup>



A differenza di tutte le nane bianche che esistono oggi nell'universo, il resto del Sole non emetterà luce. Ti serviranno i fari dell'astronave per vederlo.

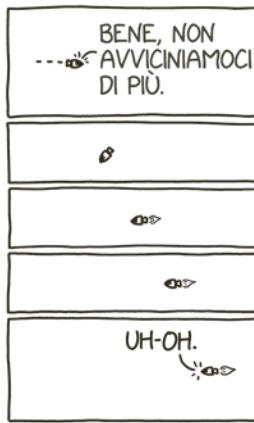


La superficie avrà probabilmente un colore grigio opaco. La maggior parte dell'atmosfera si sarà depositata sulla superficie sotto l'immensa pressione, ma potrebbe esserci una foschia bluastra formata dall'idrogeno rimasto.

<sup>4</sup> Ai tempi in cui avevamo una luna.\*

\* E un cielo.

Andrà tutto bene finché viaggerai verso la stella, ma se proverai a fermare l'astronave un momento per ammirare il panorama, avrai qualche problema. Il residuo avrà ancora circa la metà della massa originale del Sole, il che significa che l'attrazione gravitazionale a questa distanza sarà già circa 10 volte la gravità terrestre. Se proverai a rimanere fermo o a girarti, sverrai per via delle forze g a meno che non indossi una tuta anti-g.

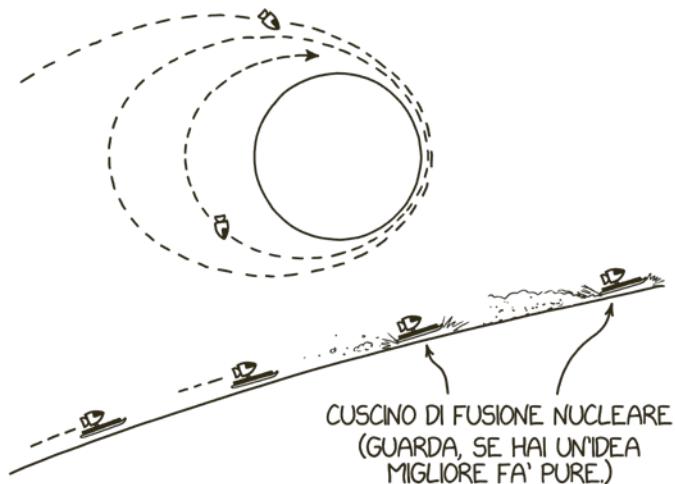


Ma se tornare indietro è un errore, continuare è ancora peggio, perché non c'è modo di fare un atterraggio controllato sulla superficie di una stella nana raffreddata. Non è la caduta il problema, è l'arresto alla fine. Se ti lascerai attirare dalla stella, una volta raggiunta la superficie andrai a circa l'1% della velocità della luce e ti disinteggerai all'impatto.



Se vuoi davvero far atterrare un veicolo su una nana bianca, puoi provare a fare surf. Se aspetti che l'atmosfera si sia per lo più stabilizzata sulla superficie, è possibile far arrivare un veicolo in un'orbita in cui rasenta la superficie e provare a scivolare in modo da rallentare gradualmente. Ti servirà una gigantesca tavola da surf ablativa e volerà su uno strato di fusione nucleare. È un'idea pessima e quasi certamente non funzionerebbe, ma non mi viene in mente nient'altro che si possa provare.

#### PIANO PER ATTERRARE SUL SOLE

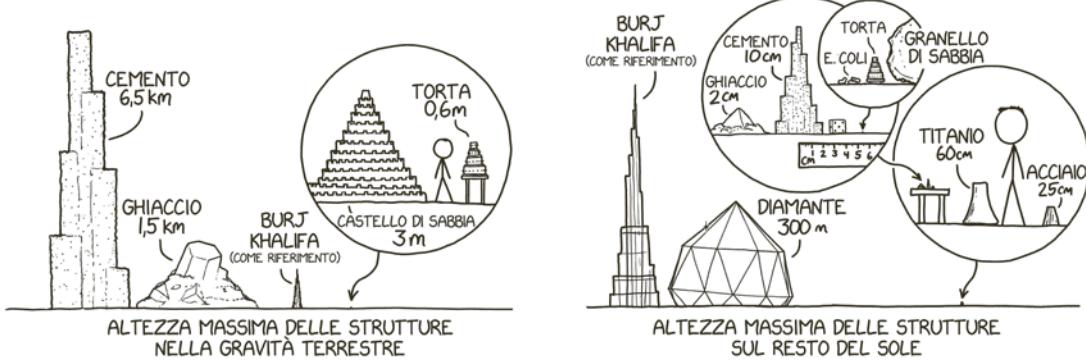


Dovrai inviare una sonda robotica, dal momento che un essere umano non potrebbe sopravvivere sulla superficie di una stella nana; nessuna tuta a pressione o struttura di supporto potrebbe tenerci in vita.

Se riuscissi ad appoggiare delicatamente una sonda robotica sulla superficie di un residuostellare, non verrebbe necessariamente schiacciata dalla gravità. Un essere umano non ci potrebbe sopravvivere, ma in teoria qualche computer potrebbe resistere. Su una stelladi neutroni, che è molto più piccola e densa, qualsiasi oggetto fatto di molecole viene appiattito dall'intensa gravità fino a diventare un sottile strato di atomi, ma su un residuostellare delle dimensioni della Terra alcune strutture potrebbero rimanere intatte.

Sulla Terra possiamo creare piccole sculture di ghiaccio, ma non ne potremmo formare una montagna alta più di un chilometro e mezzo, prima che crolli sotto il suo stesso peso e scorra come fanno i ghiacciai. Su un residuostellare le strutture di

ghiaccio sarebbero limitate a circa un paio di centimetri di altezza. Altri materiali potranno costituire strutture più grandi, ma persino un diamante, la sostanza conosciuta più dura e incompressibile, si sgretolerebbe se ne formassimo una piramide delle dimensioni di un grattacielo.



Sulla Terra, un cavo d'acciaio sospeso per un'estremità può essere lungo circa 6,5 chilometri prima di spezzarsi sotto il proprio stesso peso. Su una nana bianca i cavi potrebbero a malapena sostenere 8 centimetri del loro peso. Il più grande ponte sospeso su una stella nana non sarebbe in grado di varcare un'ampiezza larga più di 2,5 centimetri. Costruirne uno più grande richiederebbe materiali ad alta resistenza in rapporto con il peso, come la ragnatela.



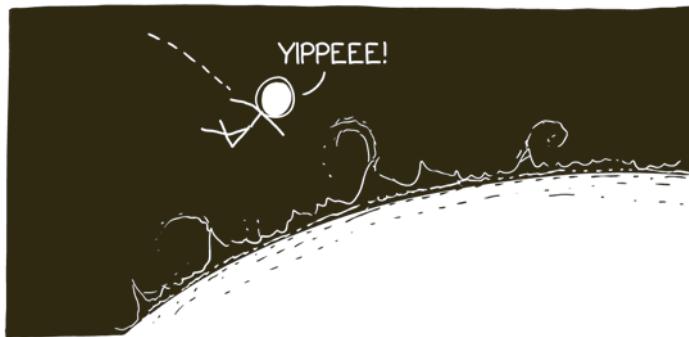
Tutto questo ci dice che il tuo *lander* dovrà avere probabilmente le dimensioni di una formica, anziché umane, e non dovrà prevedere molte parti in movimento. Ma potresti riuscire a costruire un cubetto con circuiti incorporati, in grado di trasmettere via radio le sue osservazioni.

CAPITANO, LA SCANSIONE DELLA SUPERFICIE DELLA STELLA RIVELA LA PRESENZA DI UNA TORRE DI DIAMANTE, UNA MICROSCOPICA TORTA NUZIALE E DUE PICCOLISSIMI PONTI SOSPESI, UNO DEI QUALI COPERTO DI RAGNI.



L'atterraggio di una sonda robotica conta come *toccare* la stella? Non lo so; è quasi una domanda filosofica. Ma se vuoi toccare la stella con le mani, la risposta è “mai”. Anche quando una stella si raffredda a temperatura ambiente, non c’è modo di toccarla con le mani e sopravvivere.

E se non ti interessa la parte della sopravvivenza...



... allora tecnicamente puoi toccare il Sole anche *adesso*.

## 64. PIOGGIA DI CARAMELLE

D

Cosa accadrebbe se tutte le gocce di pioggia fossero caramelle gommosse al limone?

**Shuo Peskoe-Yang**

*If all the raindrops were lemon drops and gumdrops*

*Oh, what a rain that would be!*

*I'd stand outside with my mouth open wide...*

*Se tutte le gocce di pioggia fossero caramelle al limone e gommosse*

*Oh, che pioggia sarebbe!*

*Starei per strada a bocca spalancata...<sup>1</sup>*

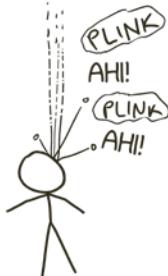
Canzone per bambini

Questo scenario è una catastrofe persino per gli standard di *Cosa accadrebbe se?*



<sup>1</sup> Il testo della canzoncina e la domanda si basano sul fatto che in inglese questi tipi di caramelle si chiamano *lemon drops* e *gumdrops* mentre *drops* da solo vuol dire "gocce". (N.d.T.)

La velocità terminale di una caramella al limone è di circa 10 metri al secondo. Probabilmente non è abbastanza veloce da causare lesioni, ma farebbe di sicuro male rimbalzando sui denti.



Le caramelle gommose sono più morbide di quelle dure al limone e quindi non farebbero altrettanto male, ma prenderle al volo con la bocca sembra comunque un buon modo per strozzarsi. Sarebbe meglio aspettare la fine del temporale e poi raccoglierle da terra.

La prima pioggia di caramelle sarebbe deliziosa. Una volta finita si potrebbe correre per i campi, cogliendo le caramelle da terra e mangiadone a sazietà, come bambini entusiasti in visita alla fabbrica di cioccolato di Willy Wonka, con l'unica differenza che, durante il tour della fabbrica di Wonka, non *tutti* i visitatori morivano.



Assumiamo che l'acqua sia sostituita da una massa equivalente di caramelle: quindi un tipico temporale ricoprirebbe di caramelle il terreno fino alle caviglie. A differenza dell'acqua piovana, le caramelle non sarebbero assorbite dal terreno né scorrerebbero in discesa. Rimarrebbero semplicemente lì per terra. Bambini e animali ne eliminerebbero una minuscola percentuale e un altro po' farebbe la felicità dei batteri che digeriscono lo zucchero, ma la maggior parte delle caramelle rimarrebbe lì a fondersi al sole.

Dopo alcune settimane di piogge di caramelle, comincerebbero a venire giù i tetti.



Nelle zone nevose i tetti delle case devono in genere essere in grado di sorreggere fra i 100 e i 300 chili per metro quadrato, che equivale a 10-30 centimetri di acqua. Gli Stati Uniti orientali ricevono circa un metro di pioggia all'anno, il che significa che nel giro di pochi mesi la maggior parte dei tetti piatti crollerebbe sotto il peso. Non moriremmo tutti di sete subito. Nelle falde acquifere e nei laghi c'è abbastanza acqua per sostenerci per un bel po', anche se quella superficiale diventerebbe sempre più ricca di calorie.

L'agricoltura crollerebbe. La brusca fine delle piogge a base d'acqua causerebbe un'immediata siccità globale. Per molte colture si usano sistemi di irrigazione che attingono dai laghi e dalle falde acquifere, ma anche queste verrebbero rapidamente sepellite sotto mucchi di caramelle. E anche per le coltivazioni che riuscissero a sopravvivere, raccoglierle sarebbe un incubo: buona fortuna a guidare un trattore attraverso uno strato appiccicoso di caramelle al limone e gommose fino alle ginocchia.



Nel giro di pochi anni la maggior parte delle città rimarrebbe sepolta sotto strati di caramelle, un intero pianeta di Pompei zuccherine.

Le parti del mondo in cui l'agricoltura sopravvivrebbe più a lungo sarebbero le aree desertiche dove i raccolti si basano quasi interamente sull'irrigazione, come i terreni agricoli lungo il fiume Nilo in Egitto, la Imperial Valley in California o i deserti del Turkmenistan. Città come Il Cairo e Lima, su cui non cadono quasi mai precipitazioni, sarebbero in grado di proseguire per anni un'esistenza relativamente libera dalle caramelle, ma comunque la devastazione del resto del mondo provocherebbe qualche problema.

L'EUROVISION È MENO DIVERTENTE, ORA CHE PIÙ DI 40 NAZIONI SONO SEPOLTE SOTTO LE CARAMELLE E PARTECIPA SOLO IL MAROCCO.



In definitiva, è improbabile che la nostra specie sopravviva a lungo, ma le conseguenze delle piogge di caramelle sarebbero molto peggiori della semplice estinzione umana. Nel giro di pochi giorni, la massa complessiva delle caramelle supererebbe quella di tutti gli esseri viventi sulla Terra e l'aggiunta alla Terra di una coltre di zucchero così voluminosa rimodellerebbe in modo fondamentale il pianeta.

Lo zucchero è un carboidrato e si può decomporre in  $\text{CO}_2$  e acqua. Questa reazione rilascia energia, motivo per cui lo zucchero è così amato dagli esseri viventi che consumano molta energia, come bambini, colibrì e batteri. Se si aggiunge zucchero al terreno, gran parte verrà digerito dai batteri e restituito all'ambiente sotto forma di  $\text{CO}_2$  e acqua.

Tutto ciò che può vivere di zucchero si ritroverebbe improvvisamente in un ambiente senza limiti. Molte caramelle finirebbero sottoterra non digerite, ma alcune verrebbero digerite oppure ossidate da altri processi, come il fuoco. Via via che ciò accade, i livelli di  $\text{CO}_2$  salirebbero alle stelle e il pianeta si surriscalderebbe.

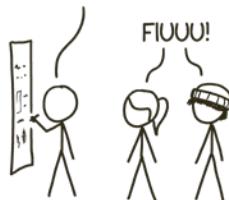
Le caramelle al limone e quelle gommoso sono più dense dell'acqua<sup>2</sup> e quindi quelle cadute nell'oceano andrebbero a fondo prima di sciogliersi, lasciando esposte all'atmosfera le superfici dei mari. Man mano che aumenta la temperatura del pianeta, l'acqua evaporerebbe sempre più velocemente dalla superficie dell'oceano caldo e sempre più zuccherino.

<sup>2</sup> Fonte: ho appena riempito un bicchiere d'acqua e ho provato a farci cadere varie caramelle. Scienza!



Se un pianeta dotato di oceani diventa troppo caldo, l'atmosfera può riempirsi di vapore acqueo. Questo vapore può intrappolare più calore, portando a un ciclo di riscaldamento fuori controllo che continua fino a quando gli oceani non evaporano del tutto ribollendo. Qualcosa del genere potrebbe essere successo a Venere in un lontano passato. Fortunatamente, dopo calcoli snervanti, gli scienziati hanno concluso in generale che la Terra non corre il pericolo di un effetto serra terminale in tempi brevi. Non c'è proprio abbastanza CO<sub>2</sub> nell'atmosfera per innescare una spirale di aumento della temperatura tale da far bollire gli oceani, persino se bruciassimo fino all'ultimo pezzetto di combustibile fossile sul pianeta.

BENE, HO FINITO  
I CALCOLI E DICONO  
CHE QUI NON PUÒ  
VERIFICARSI UN EFFETTO  
SERRA TERMINALE.  
LA TERRA SOPRAVIVRÀ!



UN ATTIMO... L'AREA È "PI GRECO ERRE QUADRO" O "DUE PI GRECO ERRE"?

FA NIENTE, PROBABILMENTE  
È GIUSTO COSÌ.



Invece le caramelle potrebbero riuscirci. Se anche solo una frazione del carbonio nelle caramelle venisse ossidata, i livelli di CO<sub>2</sub> atmosferica aumenterebbe dall'attuale<sup>3</sup> 0,042% al 5 o al 10% nel giro di pochi anni, livelli che non si vedevano da quando la Terra era giovane e il Sole era più freddo e più piccolo. Questi livelli, a quel

<sup>3</sup> Stimo che questa statistica diventerà errata all'incirca a dicembre 2024.

che suggeriscono i modelli, potrebbero essere in grado di innescare un effetto serra incontrollabile.

Le temperature globali salirebbero a livelli simili a quelli di una fornace, di fatto sterilizzando la superficie del pianeta e ponendo fine a tutte le forme di vita. A parte forse alcuni fortunati batteri termofili che si nutrono di zucchero, non rimarrebbe alcun essere ad assistere mentre l'acqua del pianeta bolle. Presto la Terra diventerebbe una roccia bruciata e senza vita, con i fondali oceanici ricoperti di residui zuccherini lasciati dagli oceani saturi di zucchero dopo che sono evaporati ribollendo.



Un aspetto positivo, per finire: una volta che gli oceani saranno evaporati, non ci saranno più gocce di pioggia che potranno trasformarsi in caramelle al limone e gommosa, e quindi almeno questa pioggia sarebbe finita. La Terra assomiglierebbe molto a Venere, con pochissimo vapore acqueo e temperature troppo alte perché possa condensarsi in pioggia.

Venere non è completamente priva di precipitazioni. Le sue vette sono ricoperte da una sostanza che chiamiamo “neve” – in realtà più simile alla brina – che, a quel che pare, è metallo evaporato dalle pianure e depositato sulle montagne. La nostra Terra post effetto serra terminale potrebbe essere come Venere, con le vette, asciutte e riarse, spolverate di neve metallica.

Magari è il caso di saltare la strofa successiva.



# Ringraziamenti

Molte persone hanno contribuito a rendere possibile questo libro.

Grazie a tutti coloro che hanno generosamente condiviso con me ciò che sanno. Grazie a Cindy Keeler per aver risposto alle mie domande sulle particelle ad alta energia; a Derek Lowe per le informazioni sull'ammoniaca e la triboluminescenza; e a Natalie Mahowald per avermi detto di non respirare i vapori di ferro. Grazie ad A. J. Blechner, Jonathan Zittrain, Jack Cushman e tutto il personale del Library Innovation Lab della Harvard University per le risposte alle mie domande sul diritto; a Katie Mack per le risposte sullo spazio e il tempo; e a Maya Bergamasco della Harvard University e a Derek Spelley dell'International Joint Commission per le informazioni sulla misteriosa e segreta polizia internazionale delle cascate che sorveglia il Niagara. Grazie a Phil Plait per aver risposto alle domande sui telescopi e a Tracy Wilson per aver pesato la panna montata. E grazie al procuratore federale che mi ha detto che commettere reati è male ma ha chiesto di rimanere anonimo perché “è più divertente così”.

Grazie a Kat Hagan, Janelle Shane, Reuven Lazarus e Nick Murdoch per aver letto le mie risposte e averle commentate; e a Christopher Night per lo straordinario lavoro di fact-checking su questo libro, in cui ha controllato numeri di ogni tipo, dai limiti strutturali delle nane bianche al numero di funghi nei livelli di *Mario*. Eventuali errori che rimangono sono miei.

Grazie alla mia editor, Courtney Young, per aver creduto in me dall'inizio e per aver accompagnato questo libro fino alla pubblicazione; e a tutto il team della Riverhead, tra cui Lorie Young, Jenny Moles, Kim Daly, Ashley Sutton, Ashley Garland, Jynne Martin, Geoff Kloske, Gabriel Levinson, Melissa Solis, Caitlin Noonan, Claire Vaccaro, Helen Yentus, Grace Han, Tyriq Moore, Linda Friedner e Anna Scheithauer.

Grazie a Christina Gleason, grafica di incredibile talento e cara amica, che ha messo insieme le mie parole in forma di libro. Grazie a Casey Blair per aver supervisionato l'intero progetto e mantenuto eroicamente il tutto in pista. Grazie a Marissa Gunning per l'aiuto organizzativo e a Derek per aver contribuito a far sì che il tutto succedesse davvero, e al mio agente Seth Fishman e a tutti quelli che lavorano alla Gernert Company, tra cui Jack Gernert, Rebecca Gardner, Will Roberts e Nora Gonzalez.

Grazie a tutti quelli che hanno inviato le loro domande. Grazie ai ricercatori il cui lavoro ha permesso di rispondere. E grazie a mia moglie, per essere curiosa su tutto, entusiasta del mondo e sempre in cerca di un'avventura.



# Riferimenti bibliografici

## 1. Zuppiera solare

Geraint F. Lewis e Juliana Kwan, "No Way Back: Maximizing Survival Time Below the Schwarzschild Event Horizon", in *Publications of the Astronomical Society of Australia*, 2007, <https://arxiv.org/abs/0705.1029>.

## 2. Un giro in elicottero

Julian Anthony e Wagdi G. Habashi, "Helicopter Rotor Ice Shedding and Trajectory Analyses in Forward Flight", in *Journal of Aircraft*, LVIII, 5, 2021, <https://doi.org/10.2514/1.C036043>.

F. Liard (a cura di), *Helicopter Fatigue Design Guide*, Advisory Group for Aerospace Research and Development, novembre 1983, <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a138963.pdf>.

## 3. Pericolosamente freddo

Mackenzie O'Connor, BS, Jordan V. Wang, MD, MBE, MBA, e Anthony A. Gaspari, MD, "Cold Burn Injury After Treatment at Whole-Body Cryotherapy Facility", in *JAAD Case Reports*, V, 1, 2019, pp. 29-30, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6280691/>.

Aaswath P. Raman, Marc Abou Anoma, Linxiao Zhu, Eden Raphaeli e Shanhai Fan, "Passive Radiative Cooling Below Ambient Air Temperature Under Direct Sunlight", in *Nature*, 515, 2014, pp. 540-544, <https://doi.org/10.1038/nature13883>.

"Safe Handling of Cryogenic Liquids", in *Health & Safety Manual: Section 7: Safety Guidelines & SOP's*, University of California, Berkeley, College of Chemistry, <https://chemistry.berkeley.edu/research-safety/manual/section-7/cryogenic-liquids>.

"Safety Instructions: Cryogenics Liquid Safety", Oregon State University, Environmental Health & Safety, [https://ehs.oregonstate.edu/sites/ehs.oregonstate.edu/files/pdf/si/cryogenics\\_si.pdf](https://ehs.oregonstate.edu/sites/ehs.oregonstate.edu/files/pdf/si/cryogenics_si.pdf).

Xingshu Sun, Yubo Sun, Zhiguang Zhou, Muhammad Ashraful Alam e Peter Bermel, "Radiative Sky Cooling: Fundamental Physics, Materials, Structures, and Applications", in *Nanophotonics*, 5, 29 luglio 2017, pp. 997-1015, <https://www.degruyter.com/document/doi/10.1515/nanoph-2017-0020/html>.

## 4. Vaporizzazione del ferro

"Iron (Fe) Pellets Evaporation Materials", Kurt J. Lesker Company, [https://www.lesker.com/newweb/deposition\\_materials/depositionmaterials\\_evaporationmaterials\\_1.cfm?pgid=fe1](https://www.lesker.com/newweb/deposition_materials/depositionmaterials_evaporationmaterials_1.cfm?pgid=fe1).

Natalie M. Mahowald, Sebastian Engelstaedter, Chao Luo, Andrea Sealy, Paulo Artaxo, Claudia Benitez-Nelson, Sophie Bonnet, Ying Chen, Patrick Y. Chuang, David D. Cohen, Francois Dulac, Barak Herut, Anne M. Johansen, Nilgun Kubilay, Remi Losno, Willy Maenhaut, Adina Paytan, Joseph M. Prospero, Lindsey M. Shank e Ronald L. Siebert, "Atmospheric Iron Deposition: Global Distribution, Variability, and Human Perturbations", in *Annual Review of Marine Science*, 1, gennaio 2009, pp. 245-278, <https://www.annualreviews.org/doi/abs/10.1146/annurev.marine.010908.163727>.

T. Spalvins e W. A. Brainard, "Ion Plating with an Induction Heating Source", NASA Lewis Research Center, 1° gennaio 1976, <https://ntrs.nasa.gov/citations/19760010307>.

## 5. Gitarella cosmica

"Early Estimate of Motor Vehicle Traffic Fatalities for the First Quarter of 2021", in *Traffic Safety Facts*, National Highway Traffic Safety Administration, US Department of Transportation, agosto 2021, <https://www.nhtsa.gov/sites/nhtsa.gov/files/2021-09/Early-Estimate-Motor-Vehicle-Traffic-Fatalities-Q1-2021.pdf>.

"NHTSA Releases Q1 2021 Fatality Estimates, New Edition of 'Countermeasures That Work'", National Highway Traffic Safety Administration, US Department of

Transportation, 2 settembre 2021, <https://www.safercar.gov/policy-releases/q1-2021-fatality-estimates-10th-countermeasures-that-work>.

## 6. Poltroncina a piccioni

Michael Abs, *Physiology and Behaviour of the Pigeon*, Cambridge (Mass.), Academic Press, 1983, p. 119.

Angela M. Berg e Andrew A. Biewener, "Wing and Body Kinematics of Takeoff and Landing Flight in the Pigeon (*Columba livia*)", in *Journal of Experimental Biology*, 213, 15 maggio 2010, pp. 1651-1658, <https://journals.biologists.com/jeb/article/213/10/1651/9685/Wing-and-body-kinematics-of-takeoff-and-landing>.

Corey T. Callaghan, Shinichi Nakagawa e William K. Cornwell, "Global Abundance Estimates for 9,700 Bird Species", in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 25 maggio 2021, <https://www.pnas.org/content/118/21/e2023170118/tab-figures-data>.

Ting Ting Liu, Lei Cai, Hao Wang, Zhen Dong Dai e Wen Bo Wang, "The Bearing Capacity and the Rational Loading Mode of Pigeon During Takeoff", in *Applied Mechanics and Materials*, 461, novembre 2014, pp. 122-127, <https://www.scientific.net/AMM.461.122>.

C. J. Pennycuick e G. A. Parker, "Structural Limitations on the Power Output of the Pigeon's Flight Muscles", in *Journal of Experimental Biology*, 45, 1° dicembre 1966, pp. 489-498, <https://journals.biologists.com/jeb/article/45/3/489/34321/Structural-Limitations-on-the-Power-Output-of-the>.

## R Risposte brevi #1

S. C. Bates e T. L. Altshuler, "Shear Strength Testing of Solid Oxygen", in *Cryogenics*, XXXV, 9, settembre 1995, pp. 559-566, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/001227595912541>.

## 7. Le calorie del T. rex

Reese E. Barrick e William J. Showers, "Thermophysiology and Biology of Giganotosaurus: Comparison with Tyrannosaurus", in *Palaeontologia Electronica*, II, 2, 1999, <https://web.archive.org/web/20210612062144/>

[https://palaeo-electronica.org/1999\\_2/gigan/issue2\\_99.htm](https://palaeo-electronica.org/1999_2/gigan/issue2_99.htm).

John R. Hutchinson, Karl T. Bates, Julia Molnar, Vivian Allen e Peter J. Makovicky, "A Computational Analysis of Limb and Body Dimensions in *Tyrannosaurus rex* with Implications for Locomotion, Ontogeny, and Growth", in *PLOS ONE*, IX, 5, 2011, <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0026037>.

Brian K. McNab, "Resources and Energetics Determined Dinosaur Maximal Size", in *PNAS*, CVI, 29, 2009, pp. 12184-12188, <https://www.pnas.org/content/106/29/12184.full>.

Michael P. O'Connor e Peter Dodson, "Biophysical Constraints on the Thermal Ecology of Dinosaurs", in *Paleobiology*, XXV, 3, 1999, pp. 341-368, <https://www.jstor.org/stable/2666002>.

## 8. Il geyser

Roderick A. Hutchinson, James A. Westphal e Susan W. Kieffer, "In Situ Observations of Old Faithful Geyser", in *Geology*, XXV, 10, 1997, pp. 875-878, [https://doi.org/10.1130/0091-7613\(1997\)025<0875:ISOOOOF>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1130/0091-7613(1997)025<0875:ISOOOOF>2.3.CO;2).

Leif Karlstrom, Shaul Hurwitz, Robert Sohn, Jean Vandemeulebrouck, Fred Murphy, Maxwell L. Rudolph, Malcolm J. S. Johnston, Michael Manga e R. Blaine McCleskey, "Eruptions at Lone Star Geyser, Yellowstone National Park, USA: I. Energetics and Eruption Dynamics", in *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, CXVIII, 8, 19 giugno 2013, pp. 4048-4062, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/jgrb.50251>.

Susan Kieffer, "Geologic Nozzles", in *Reviews of Geophysics*, XXVII, 1, febbraio 1989, pp. 3-38, <http://seismo.berkeley.edu/~manga/kieffer1989.pdf>.

D. Kieran O'Hara ed E. K. Esawi, "Model for the Eruption of the Old Faithful Geyser, Yellowstone National Park", in *GSA Today*, XXIII, 6, giugno 2013, pp. 4-9, <https://www.geosociety.org/gsatoday/archive/23/6/article/1052-5173-23-6-4.htm>.

"Superintendents of the Yellowstone National Parks Monthly Reports, June 1927", Yellowstone National Park, 1927, <https://archive.org/details/superintendentso27june>.

Lee H. Whittlesey, *Death in Yellowstone: Accidents and Foolhardiness in the First National Park*, Plymouth, Roberts Rinehart Publishers, 1995.

## 10. Leggere tutti i libri

Eltjo Buringh e Jan Luiten Van Zanden, "Charting the 'Rise of the West': Manuscripts and Printed Books in Europe, A Long-Term Perspective from the Sixth through Eighteenth Centuries", in *The Journal of Economic History*, LXIX, 2, 2009, pp. 409-445, doi:10.1017/S0022050709000837.

James Grout, "The Great Library of Alexandria", in *Encyclopaedia Romana*, [http://penelope.uchicago.edu/~grout/encyclopaedia\\_romana/greece/paganism/library.html](http://penelope.uchicago.edu/~grout/encyclopaedia_romana/greece/paganism/library.html).

Denis Pelli e C. Bigelow, "A Writing Revolution", in *Seed: Science Is Culture*, 2009, [https://web.archive.org/web/2012031052409/http://seedmagazine.com/supplementary/a\\_writing\\_revolution/pelli\\_bigelow\\_sources.pdf](https://web.archive.org/web/2012031052409/http://seedmagazine.com/supplementary/a_writing_revolution/pelli_bigelow_sources.pdf).

## 11. Chiese e banane

Amy Grant, "Banana Tree Harvesting: Learn How and When to Pick Bananas", in *Gardening Know How*, <https://www.gardeningknowhow.com/edible/fruits/banana/banana-tree-harvesting.htm>.

Pew Research Center, "How Religious Commitment Varies by Country Among People of All Ages", in *The Age Gap in Religion Around the World*, 13 giugno 2018, <https://www.pewforum.org/2018/06/13/how-religious-commitment-varies-by-country-among-people-of-all-ages/>.

Stark Bro's., "Harvesting Banana Plants", The Growing Guide: How to Grow Banana Plants, <https://www.starkbros.com/growing-guide/how-to-grow/fruit-trees/banana-plants/harvesting>.

## 12. Al volo!

Centers for Disease Control and Prevention, "Morbidity and Mortality Weekly Report", in *MMWR*, LIII, 50, 24 dicembre 2004, <https://www.cdc.gov/mmwr/PDF/wk/mm5350.pdf>.

Close Focus Research, "Maximum Altitude for Bullets Fired Vertically", <http://www.closefocusresearch.com/maximum-altitude-bullets-fired-vertically>.

"Model 1873 us Springfield at Long Range" in *Rifle Magazine*, XXXV, 5, 2003, <https://web.archive.org/web/20160409042559/>

[www.riflemagazine.com/magazine/article.cfm?magid=78&tocid=1094](http://www.riflemagazine.com/magazine/article.cfm?magid=78&tocid=1094).

## 13. Perdere peso in un modo lento e assurdamente difficile

David Blackwell, Maria Richards, Zachary Frone, Joe Batir, Andrés Ruzo, Ryan Dingwall e Mitchell Williams, "Temperature-at-Depth Maps for the Conterminous US and Geothermal Resource Estimates", SMU Geothermal Lab, 24 ottobre 2011, <https://www.smu.edu/Dedman/Academics/Departments/Earth-Sciences/Research/GeothermalLab/DataMaps/TemperatureMaps>.

## 16. Sabbia stellare

J. O. Z. Abuodha, "Grain Size Distribution and Composition of Modern Dune and Beach Sediments, Malindi Bay Coast, Kenya", in *Journal of African Earth Sciences*, 36, 2003, pp. 41-54, <http://www.vliz.be/imisdocs/publications/37337.pdf>.

Donald K. Stauble, "A Review of the Role of Grain Size in Beach Nourishment Projects", US Army Engineer Research and Development Center: Coastal and Hydraulics Laboratory, 2005, <https://www.fsbpa.com/05Proceedings/02-Don%20Stauble.pdf>.

## 17. Altalene

William B. Case e Mark A. Swanson, "The Pumping of a Swing from the Seated Position", in *American Journal of Physics*, LVIII, 463, 1990, <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.16477>.

Stephen M. Curry, "How Children Swing", in *American Journal of Physics*, XLIV, 924, 1976, <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.10230>.

A. A. Post, G. de Groot, A. Daffertshofer e P. J. Beek, "Pumping a Playground Swing", in *Motor Control*, XI, 2, 2007, pp. 136-150, <https://research.vu.nl/en/publications/pumping-a-playground-swing>.

P. Roura e J. A. González, "Towards a More Realistic Description of Swing Pumping Due to the Exchange of Angular Momentum", in *European Journal of Physics*, XXXI, 5, 3

agosto 2010, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0143-0807/31/5/020>.

Stephen Wirkus, Richard Rand e Andy Ruina, "How to Pump a Swing", in *The College Mathematics Journal*, XXIX, 4, 1998, pp. 266-275, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07468342.1998.11973953>.

---

## 18. Catapulte per aerei di linea

"Eco-Climb", Airbus, <https://web.archive.org/web/2017011010030/https://www.airbus.com/innovation/future-by-airbus/smarter-skies/aircraft-take-off-in-continuous-eco-climb/>.

Yashovardhan S. Chati e Hamsa Balakrishnan, "Analysis of Aircraft Fuel Burn and Emissions in the Landing and Take Off Cycle Using Operational Data", 6th International Conference on Research in Air Transportation (ICRAT 2014), 10 maggio 2014, [http://www.mit.edu/~hamsa/pubs/ICRAT\\_2014\\_YSC\\_HB\\_final.pdf](http://www.mit.edu/~hamsa/pubs/ICRAT_2014_YSC_HB_final.pdf).

---

## 19. Apocalisse dinosauresca lenta

G. B. Crosta, P. Frattini, E. Valbuszzi e F. V. De Blasio, "Introducing a New Inventory of Large Martian Landslides", in *Earth and Space Science*, V, 4, 1° marzo 2018, pp. 89-119, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2017EA000324>.

Robert A. DePalma, Jan Smit, David A. Burnham, Klaudia Kuiper, Phillip L. Manning, Anton Oleinik, Peter Larson, Florentin J. Maurrasse, Johan Vellekoop, Mark A. Richards, Loren Gurché e Walter Alvarez, "A Seismically Induced Onshore Surge Deposit at the KPg Boundary, North Dakota", in *PNAS*, CXVI, 7, 1° aprile 2019, pp. 8190-8199, <https://doi.org/10.1073/pnas.1817407116>.

D. G. Korycansky e Patrick J. Lynett, "Run-up from Impact Tsunami", in *Geophysical Journal International*, CLXX, 3, 1° settembre 2007, pp. 1076-1088, <https://doi.org/10.1111/j.1365-246X.2007.03531.x>.

Stanislaw R. Massel, "Tsunami in Coastal Zone Due to Meteorite Impact", in *Coastal Engineering*, 66, 2012, pp. 40-49, <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2012.03.013>.

Peter Schulte, Jan Smit, Alexander Deutsch, Tobias Salge, Andrea Friese e Kilian Beichel, "Tsunami Backwash Deposits with Chicxulub Impact Ejecta

and Dinosaur Remains from the Cretaceous-Palaeogene Boundary in the La Popa Basin, Mexico", in *Sedimentology*, LIX, 3, 1° aprile 2012, pp. 737-765, doi:10.1111/j.1365-3091.2011.01274.x.

Xing Su, Wanhong Wei, Weilin Ye, Xingmin Meng e Weijiang Wu, "Predicting Landslide Sliding Distance Based on Energy Dissipation and Mass Point Kinematics", in *Natural Hazards*, 96, 2019, pp. 1367-1385, <https://doi.org/10.1007/s11069-019-03618-z>.

K. Wünnemann e R. Weiss, "The Meteorite Impact-Induced Tsunami Hazard", in *The Royal Society, CCCLXXXIII*, 2053, 28 ottobre 2015, <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0381>.

---

## 23. La causa da 2 undicillioni di dollari

Boston Consulting Group: Press Releases, "Despite COVID-19, Global Financial Wealth Soared to Record High of \$250 Trillion in 2020", 10 giugno 2021, <https://www.bcg.com/press/10june2021-despite-covid-19-global-financial-wealth-soared-record-high-250-trillion-2020>.

---

## 24. Di chi sono le stelle

Reid White, "Plugging the Leaks in Outer Space Criminal Jurisdiction: Advocacy for the Creation of a Universal Outer Space Criminal Statute", in *Emory International Law Review*, XXXV, 2, 2021, <https://scholarlycommons.law.emory.edu/eilr/vol35/iss2/5>.

---

## 25. La gomma degli pneumatici

Louise L. Halle, Annemette Palmqvist, Kristoffer Kampmann e Farhan R. Khana, "Ecotoxicology of Micronized Tire Rubber: Past, Present and Future Considerations", in *Science of the Total Environment*, DCCVI, 1, marzo 2020, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.135694>.

Florence N. F. Parker-Jurd, Imogen E. Napper, Geoffrey D. Abbott, Simon Hann, Richard C. Thompson, "Quantifying the Release of Tyre Wear Particles to the Marine Environment Via Multiple Pathways", in *Marine Pollution Bulletin*, 172, novembre 2021, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X21009310>.

Ramona Sieber, Delphine Kawecki e Bernd Nowack, "Dynamic Probabilistic Material Flow Analysis of Rubber Release from Tires into the Environment", in *Environmental Pollution*, 258, marzo 2020, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0269749119333998>.

Zhenyu Tian, Haoqi Zhao, Katherine T. Peter, Melissa Gonzalez, Jill Wetzel, Christopher Wu, Ximin Hu, Jasmine Prat, Emma Mudrock, Rachel Hettinger, Allan E. Cortina, Rajshree Ghosh Biswas, Flávio Vinícius Crizóstomo Kock, Ronald Soong, Amy Jenne, Bowen Du, Fan Hou, Huan He, Rachel Lundein, Alicia Gilbreath, Rebecca Sutton, Nathaniel L. Scholz, Jay W. Davis, Michael C. Dodd, Andre Simpson, Jenifer K. McIntyre e Edward P. Kolodziej, "A Ubiquitous Tire Rubber-Derived Chemical Induces Acute Mortality in Coho Salmon", in *Science*, CCCLXXI, 6525, 8 gennaio 2021, pp. 185-189, <https://www.science.org/doi/abs/10.1126/science.abd6951>.

## 26. Dinosauri di plastica

Fuel Chemistry Division, "Petroleum", [https://personal.ems.psu.edu/~pisupati/ACSOreacht/Petroleum\\_2.html](https://personal.ems.psu.edu/~pisupati/ACSOreacht/Petroleum_2.html).

Miguel A. Gofñi, Kathleen C. Ruttenberg e Timothy I. Eglinton, "Sources and Contribution of Terrigenous Organic Carbon to Surface Sediments in the Gulf of Mexico", in *Nature*, 389, 1997, pp. 275-278, [https://www.whoi.edu/cms/files/goni\\_et\\_al\\_Nature\\_1997\\_38905.pdf](https://www.whoi.edu/cms/files/goni_et_al_Nature_1997_38905.pdf).

Susan Libes, "The Origin of Petroleum in the Marine Environment", cap. 26, in *Introduction to Marine Biogeochemistry*, Cambridge (Mass.), Elsevier, 2009, <https://booksite.elsevier.com/9780120885305/casestudies/or-Ch26-Po88530web.pdf>.

T. G. Powell, "Developments in Concepts of Hydrocarbon Generation from Terrestrial Organic Matter", 1989, [https://archives.datapages.com/data/circ\\_pac/0011/0807\\_f.htm](https://archives.datapages.com/data/circ_pac/0011/0807_f.htm).

State of Louisiana: Department of Natural Resources, "Where Does Petroleum Come From? Why Is It Normally Found in Huge Pools Under Ground? Was It Formed in a Big Pool Where We Find It, or Did It Gather There Due to Outside Natural Forces?", <http://www.dnr.louisiana.gov/assets/TAD/education/BGBB/3/origin.html>.

University of South Carolina, "School of the Earth, Ocean, and Environment", [https://sc.edu/study/colleges\\_schools/artsandsciences/earth\\_ocean\\_and\\_environment/index.php](https://sc.edu/study/colleges_schools/artsandsciences/earth_ocean_and_environment/index.php).

## 27. Acquario a risucchio

Helen Bailey e David H. Secor, "Coastal Evacuations by Fish During Extreme Weather Events", in *Sci Rep*, 6, 30280 (2016), <https://doi.org/10.1038/srep30280>.

Frank A. Brown, Jr., "Responses of the Swimbladder of the Guppy, *Lebistes reticulatus*, to Sudden Pressure Decreases", in *The Biological Bulletin*, LXXVI, 1, 1939, pp. 48-58, <https://www.jstor.org/stable/1537634>.

M. R. Heupel, C. A. Simpfendorfer e R. E. Hueter, "Running Before the Storm: Blacktip Sharks Respond to Falling Barometric Pressure Associated with Tropical Storm Gabrielle", in *Journal of Fish Biology*, 63, 2003, pp. 1357-1363, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1046/j.1095-8649.2003.00250.x>.

Joe Hogan, "The Effects of High Vacuum on Fish", in *Transactions of the American Fisheries Society*, LXX, 1, 1941, pp. 469-474, <https://afspubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1577/1548-8659%281940%2970%5B469%3ATEOHVO%5D2.o.CO%3B2>.

R. I. Holbrook e T. B. de Perera, "Fish Navigation in the Vertical Dimension: Can Fish Use Hydrostatic Pressure to Determine Depth?", in *Fish and Fisheries*, 12, 2011, pp. 370-379, <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1467-2979.2010.00399.x>.

Dan M. Sullivan, Robert W. Smith, E. J. Kemnitz, Kevin Barton, Robert M. Graham, Raymond A. Guenther e Larry Webber, "What Is Wrong with Water Barometers?", in *The Physics Teacher*, XLVIII, 3, 2010, pp. 191-193, <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.3317456>.

## 28. La Terra-occhio

S. Mishima, A. Gasset, S. D. Klyce e J. L. Baum, "Determination of Tear Volume and Tear Flow", in *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.*, V, 3, 1966, pp. 264-276, <https://iovs.arvojournals.org/article.aspx?articleid=2203634>.

Eric Steinbring, "Limits to Seeing High-Redshift Galaxies Due to Planck-Scale-Induced Blurring", in *Proceedings of the International Astronomical Union*, 11 (S319), 2015, p. 54, doi:10.1017/S1743921315009850.

---

## 29. Costruire Roma in un giorno

The Civic Federation, "Estimated Full Value of Real Estate in Cook County Saw Six Straight Years of Growth Between 2012-2018", 30 ottobre 2020, <https://www.civicfed.org/civic-federation/blog/estimated-full-value-real-estate-cook-county-saw-six-straight-years-growth>.

us Bureau of Economic Analysis, "Gross Domestic Product: All Industries in Cook County, IL [GDPALL17031]", consultato presso il sito FRED-Federal Reserve Bank di Saint Louis, il 20 novembre 2021, <https://fred.stlouisfed.org/series/GDPALL17031>.

---

## 30. Il tubo della Fossa delle Marianne

Henry Stommel, Arnold B. Arons e Duncan Blanchard, "An Ocean Curiosity: The Perpetual Salt Fountain", in *Deep Sea Research*, III, 2, 1956, pp. 152-153, <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0146631356900958>.

---

## 31. Scatole da scarpe costose

"What is the volume of a kilogram of cocaine?", The Straight Dope Message Board, <https://boards.straightdope.com/t/what-is-the-volume-of-a-kilogram-of-cocaine/286573>.

---

## 32. Bussola a risonanza magnetica

NOAA, "Maps of Magnetic Elements from the WMM2020", <https://www.ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/image.shtml>.

Charles Tremblay, Sylvain Martel, Benjamin Conan, Dumitru Loghin e Alexandre Bigot, "Fringe Field Navigation for Catheterization", in *IEMBE Proceedings*, 45, 2014, [https://www.researchgate.net/publication/270759488\\_Fringe\\_Field\\_Navigation\\_for\\_Catheterization](https://www.researchgate.net/publication/270759488_Fringe_Field_Navigation_for_Catheterization).

---

## 33. Antenati esponenziali

Toshiko Kaneda e Carl Haub, "How Many People Have Ever Lived on Earth?", *Population Reference Bureau*, 18 maggio 2021, <https://www.prb.org/articles/how-many-people-have-ever-lived-on-earth/>.

Douglas L. T. Rohde, Steve Olson e Joseph T. Chang, "Modelling the Recent Common Ancestry of All Living Humans", in *Nature*, 41, 2004, pp. 562-566, <https://doi.org/10.1038/nature02842>.

Max Roser, "Mortality in the Past-Around Half Died As Children", in *Our World in Data*, 11 giugno 2019, <https://ourworldindata.org/child-mortality-in-the-past>.

---

## 34. Auto e uccello

James A. Mosher e Paul F. Matray, "Size Dimorphism: A Factor in Energy Savings for Broad-Winged Hawks", in *The Auk*, XCI, 2, aprile 1974, pp. 325-341, <https://www.jstor.org/stable/4084511>.

C. J. Pennycuick, Holliday H. Obrecht III e Mark R. Fuller, "Empirical Estimates of Body Drag of Large Waterfowl and Raptors", in *J. Exp. Biol.*, CXXXV, 1, marzo 1988, pp. 253-264, <https://journals.biologists.com/jeb/article/135/1/253/5435/Empirical-Estimates-of-Body-Drag-of-Large>.

---

## 35. Corse automobilistiche senza regole

Vasantha K. Kumar e William T. Norfleet, "Issues on Human Acceleration Tolerance After Long-Duration Space Flights", NASA Technical Memorandum 104753, 1° ottobre 1992, <https://ntrs.nasa.gov/citations/19930020462>.

National Aeronautics and Space Administration, "Astronautics and its Applications", Environment of Manned Systems: Internal Environment of Manned Space Vehicles, pp. 105-126, <https://history.nasa.gov/conghand/mannedev.htm>.

Nick T. Spark, "46.2 Gs!!!: The Story of John Paul Stapp, 'The Fastest Man on Earth'", in *Wings/Airpower Magazine*, <http://www.ejectionsite.com/stapp.htm>.

---

## 36. Smartphone a valvole

Anton Shilov, "Apple's A14 SoC Under the Microscope: Die Size & Transistor Density Revealed", Tom's Hardware, 29 ottobre 2020, <https://www.tomshardware.com/news/apple-a14-bionic-revealed>.  
 Sylvania, "Engineering Data Service", <http://www.nj7p.org/Tubes/PDFs/Frank/137-Sylvania/7AK7.pdf>.

War Department: Bureau of Public Relations, "Physical Aspects, Operation of ENIAC are Described", 16 febbraio 1946, <https://americanhistory.si.edu/comphist/pr4.pdf>.

## 37. Ombrello laser

Nicolas Hautière, Eric Dumont, Roland Brémont e Vincent Ledoux, "Review of the Mechanisms of Visibility Reduction by Rain and Wet Road", ISAL Conference, 2009, [https://www.researchgate.net/publication/258316669\\_Review\\_of\\_the\\_Mechanisms\\_of\\_Visibility\\_Reduction\\_by\\_Rain\\_and\\_Wet\\_Road](https://www.researchgate.net/publication/258316669_Review_of_the_Mechanisms_of_Visibility_Reduction_by_Rain_and_Wet_Road).

J. D. Pendleton, "Water Droplets Irradiated by a Pulsed CO<sub>2</sub> Laser: Comparison of Computed Temperature Contours with Explosive Vaporization Patterns", in *Applied Optics*, XXIV, 11, 1985, pp. 1631-1637, <https://www.osapublishing.org/ao/abstract.cfm?uri=ao-24-11-1631>.

Gideon Sageev e John H. Seinfeld, "Laser Heating of an Aqueous Aerosol Particle", in *Applied Optics*, XXIII, 23, 1° dicembre 1984, <http://authors.library.caltech.edu/10136/1/SAGao84.pdf>.

Atsushi Takamizawa, Shinji Kajimoto, Jonathan Hobley, Koji Hatanaka, Koji Ohtab e Hiroshi Fukumura, "Explosive Boiling of Water After Pulsed IR Laser Heating", in *Physical Chemistry Chemical Physics*, V, 2003, <https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2003/CP/b210609d>.

## 40. Lampada lava

UNEP Chemicals Branch, "The Global Atmospheric Mercury Assessment: Sources, Emissions and Transport", UNEP-Chemicals, Geneva, 2008, [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/13769/UNEP\\_GlobalAtmosphericMercuryAssessment\\_May2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/13769/UNEP_GlobalAtmosphericMercuryAssessment_May2009.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

## 41. Il frigorifero di Sisifo

Caitlin Thurber, Lara R. Dugas, Cara Ocobock, Bryce Carlson, John R. Speakman e Herman Pontzer, "Extreme Events Reveal an Alimentary Limit on Sustained Maximal Human Energy Expenditure", in *Science Advances*, V, 6, 2019, <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.aaw0341>.

## 42. Alcool nel sangue

Grazie a Conor Braman, tra gli altri, per aver corretto uno zero mancante nella versione originaria dei calcoli di questo capitolo.

Ruth Brady, Sara Suksiri, Stella Tan, John Dodds e David Aine, "Current Health and Environmental Status of the Maasai People in Sub-Saharan Africa", in *Cal Poly Student Research: Honors Journal*, 2008, pp. 17-32, <https://digitalcommons.calpoly.edu/cgi/viewcontent.cgi?referer=&httpsredir=1&article=1005&context=honors>.

United States Air Force Medical Service, "Alcohol Brief Counseling: Alcohol Education Module", Air Force Alcohol and Drug Abuse Prevention and Treatment Tier II, ottobre 2007, <https://www.minot.af.mil/Portals/51/documents/resiliency/AFD-II1004-028.pdf?ver=2016-06-10-II10043-200>.

## 44. Ragni contro Sole

Albert Greene, Jonathan A. Coddington, Nancy L. Breisch, Dana M. De Roche, and Benedict B. Pagac Jr., "An Immense Concentration of Orb-Weaving Spiders with Communal Webbing in a Man-Made Structural Habitat (Arachnida: Araneae: Tetragnathidae, Araneidae)", in *American Entomologist*, LVI, 3, autunno 2010, pp. 146-156, <https://academic.oup.com/ae/article/56/3/146/2364778>.

Hubert Höfer e Ricardo Ott, "Estimating Biomass of Neotropical Spiders and Other Arachnids (Araneae, Opiliones, Pseudoscorpiones, Ricinulei) by Mass-Length Regressions", in *The Journal of Arachnology*, XXXVII, 2, 2009, pp. 160-169, <https://doi.org/10.1636/T08-21.1>.

Jonathan A. Newman e Mark A. Elgar, "Sexual Cannibalism in Orb-Weaving Spiders: An Economic Model", in *The American Naturalist*, 138, 6, 1991, pp. 1372-1395, <https://www.jstor.org/stable/2462552>.

Chris J. Topping e Gábor L. Lövei, "Spider Density and Diversity in Relation to Disturbance in Agroecosystems in New Zealand, with a Comparison to England", in *New Zealand Journal of Ecology*, XXI, 2, 1997, pp. 121-128, <https://newzealandecology.org/nzje/2020>.

Shawn M. Wilder e Ann L. Rypstra, "Trade-off Between Pre- and Postcopulatory Sexual Cannibalism in a Wolf Spider (Araneae, Lycosidae)", in *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 66, 2012, pp. 217-222, <https://link.springer.com/article/10.1007/s00265-011-1269-o>.

## 45. Inalare una persona

R. P. Clark e S. G. Shirley, "Identification of Skin in Airborne Particulate Matter", in *Nature*, 246, 1973, pp. 39-40, <https://www.nature.com/articles/246039a0>.

Lidia Morawska e Tunga Salthammer (a cura di), *Indoor Environment: Airborne Particles and Settled Dust*, Hoboken, Wiley, 2003.

Charles J. Weschler, Sarka Langer, Andreas Fischer, Gabriel Bekö, Jørn Toftum e Geo Clausen, "Squalene and Cholesterol in Dust from Danish Homes and Daycare Centers", in *Environ. Sci. Technol.*, XLV, 9, 2011, pp. 3872-3879, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/es103894r>.

## 46. Caramelle lampeggianti

Yujun Xie e Zhen Li, "Triboluminescence: Recalling Interest and New Aspects", in *Chem*, IV, 5, 10 maggio 2018, <https://doi.org/10.1016/j.chempr.2018.01.001>.

## R Risposte brevi #4

Wajira S. Ratnayake e David S. Jackson, "Gelatinization and Solubility of Corn Starch During Heating in Excess Water: New Insights", in *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, LIV, 10, 2006, pp. 3712-3716, <https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf0529114>.

Heiman F. L. Wertheim, Thai Q. Nguyen, Kieu Anh T. Nguyen, Menno D. de Jong, Walter R. J. Taylor, Tan V. Le, Ha H. Nguyen, Hanh T. H. Nguyen, Jeremy Farrar, Peter Horby e Hien D. Nguyen, "Furious Rabies After an Atypical Exposure", in *PLoS Med.*, VI, 3, 2009, e1000044, <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000044>.

## 48. Terra di protoni, Luna di elettroni

Sean Carroll, "The Universe Is Not a Black Hole", 2010, <http://www.preposterousuniverse.com/blog/2010/04/28/the-universe-is-not-a-black-hole/>.

Todd S. Garon, Nelia Mann e Ellen M. McManis, "Re-examining the Value of Old Quantization and the Bohr Atom Approach", in *American Journal of Physics*, LXXXI, 2, 2013, p. 92-98, <https://aapt.scitation.org/doi/10.1119/1.4769785>.

## 50. Il Giappone va a fare un giro

Rebecca Lindsey, "Climate Change: Global Sea Level", Climate.gov, 14 agosto 2020, <https://www.climate.gov/news-features/understanding-climate/climate-change-global-sea-level>.

T. Gamo, N. Nakayama, N. Takahata, Y. Sano, J. Zhang, E. Yamazaki, S. Taniyasu e N. Yamashita, "Revealed by Time-Series Observations over the Last 30 Years", 2014, <https://www.semanticscholar.org/paper/Revealed-by-Time-Series-Observations-over-the-Last-Gamo-Nakaya-ma/57bd09d9b01e7735cd593b5a2147a9c64bbdb7e?p2df>.

Steven N. Ward ed Erik Asphaug, "Impact Tsunami-Eltanin", in *Deep Sea Research II*, 49, 2002, pp. 1073-1079, [https://websites.pmc.ucsc.edu/~ward/papers/final\\_eltanin.pdf](https://websites.pmc.ucsc.edu/~ward/papers/final_eltanin.pdf).

## 51. Fuoco lunare

Phil Plait, "BAFact Math: The Sun Is 400,000 Times Brighter than the Full Moon", in *Discover Magazine: Bad Astronomy*, 27 agosto 2012, <https://discovermagazine.com/the-sciences/bafact-math-the-sun-is-400-ooo-times-brighter-than-the-full-moon>.

## 52. Leggi le leggi

FindLaw, "California Code, Food and Agricultural Code (Formerly Agricultural Code)-FAC § 27637", <https://codes.findlaw.com/ca/food-and-agricultural-code-formerly-agricultural-code/fac-sect-27637.html>.

Eric S. Fish, "Judicial Amendment of Statutes", in *George Washington Law Review*, 84, 2016, pp. 563-604, [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2656665](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2656665).

- GovInfo, "F Code of Federal Regulations (Annual Edition)", <https://www.govinfo.gov/app/collection/cfr>.
- Legal Information Institute, "Primary Authority", Cornell Law, [https://www.law.cornell.edu/wex/primary\\_authority](https://www.law.cornell.edu/wex/primary_authority).
- us Department of State, "Treaties in Force", Office of Treaty Affairs, <https://www.state.gov/treaties-in-force/>.
- Jonathan Zittrain, "The Supreme Court and Zombie Laws", 2 luglio 2018, <https://medium.com/@zittrain/the-supreme-court-and-zombie-laws-2087d7bb9a75>.
- 

### 53. Una piscina di saliva

- Fédération Internationale de Natation, "FR 2: Swimming Pools", <https://web.archive.org/web/20160902023159/http://www.fina.org/content/fr-2-swimming-pools>.
- S. Watanabe, M. Ohnishi, K. Imai, E. Kawano e S. Igarashi, "Estimation of the Total Saliva Volume Produced Per Day in Five-Year-Old Children", in *Arch. Oral Biol.*, XL, 8, 1995, pp. 781-782, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/000399699500026L?via%3Dihub>.
- 

### 55. La cannuccia del Niagara

- Cashco, "Fluid Flow Basics of Throttling Valves", 17, [https://files.engineering.com/download.aspx?folder=cd3d51bb-1663-44d1-81df-81e146ff34da&file=fluid\\_flow\\_Cashco\\_Fluid.pdf](https://files.engineering.com/download.aspx?folder=cd3d51bb-1663-44d1-81df-81e146ff34da&file=fluid_flow_Cashco_Fluid.pdf).
- New York Power Authority, "Niagara River Water Level and Flow Fluctuation Study Final Report", *Niagara Power Project FERC No. 2216*, agosto 2005, <https://web.archive.org/web/20160229090220/http://niagara.nypa.gov/ALP%20working%20/documents/finalreports/html/IS23WL.htm>.
- 

### 56. Camminare indietro nel tempo

- M. D. Blum, M. J. Guccione, D. A. Wysocki, P. C. Robnett, E. M. Rutledge, "Late Pleistocene Evolution of the Lower Mississippi River Valley, Southern Missouri to Arkansas", in *GSA Bulletin*, CXII, 2, febbraio 2000, pp. 221-235, <https://pubs.geoscienceworld.org/gsa/gsabulletin/article-abstract/112/2/221/183594/Late-Pleistocene-evolution-of-the-lower?redirectedFrom=fulltext>.

Duane D. Braun, "The Glaciation of Pennsylvania, USA", in *Developments in Quaternary Sciences*, XV, 2011, pp. 521-529, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444534477000404>.

Vaughn M. Bryant, Jr., "Paleoenvironments", *Handbook of Texas Online*, 1995, <https://www.tshaonline.org/handbook/entries/paleoenvironments>.

Eric C. Carson, J. Elmo Rawling III, John W. Attig e Benjamin R. Bates, "Late Cenozoic Evolution of the Upper Mississippi River, Stream Piracy, and Reorganization of North American Mid-Continent Drainage Systems", in *GSA Today*, XXVIII, 7, luglio 2018, pp. 4-11, <https://www.geosociety.org/gsatoday/science/G355A/abstract.htm>.

Andrea Fildani, Angela M. Hessler, Cody C. Mason, Matthew P. McKay e Daniel F. Stockli, "Late Pleistocene Glacial Transitions in North America Altered Major River Drainages, as Revealed by Deep-Sea Sediments", in *Scientific Reports*, 8, 2018, <https://www.nature.com/articles/s41598-018-32268-7>.

"Interglacials of the Last 800,000 Years", in *Reviews of Geophysics*, LIV, 1, 2016, pp. 162-219, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/2015RG000482>.

James C. Knox, "Late Quaternary Upper Mississippi River Alluvial Episodes and Their Significance to the Lower Mississippi River System", in *Engineering Geology*, 45, 1-4, dicembre 1996, pp. 263-285, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0013795296000178?via%3Dihub>.

Susan W. S. Millar, "Identification of Mapped Ice-Margin Positions in Western New York from Digital Terrain-Analysis and Soil Databases", in *Physical Geography*, XXV, 4, 2004, pp. 347-359, <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2747/0272-3646.25.4.347>.

Robert A. Sheldon, *Roadside Geology of Texas*, Missoula, Mountain Press Publishing Company, 1991.

---

### 57. Il tubo di ammoniaca

- Rana Prathap Padappayil e Judith Borger, "Ammonia Toxicity", StatPearls Publishing LLC, <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK546677/>.
-

## R Risposte brevi #5

[https://media.olivegarden.com/en\\_us/pdf/olive\\_garden\\_nutrition.pdf](https://media.olivegarden.com/en_us/pdf/olive_garden_nutrition.pdf).

Stephen M. Sagar, Robert J. Thomas, L. T. Loverock e Margaret F. Spittle, "Olfactory Sensations Produced by High-Energy Photon Irradiation of the Olfactory Receptor Mucosa in Humans", in *International Journal of Radiation Oncology, Biology, Physics*, XX, 4, aprile 1991, pp. 771-776, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/036030169190021U>.

---

## 59. Neve globale

J. M. Buckler, "Variations in Height Throughout the Day", in *Archives of Disease in Childhood*, LIII, 9, 1978, p. 762, <http://dx.doi.org/10.1136/adc.53.9.762>.

National Oceanic and Atmospheric Administration, "Welcome to: Cooperative Weather Observer: Snow Measurement Training", National Weather Service, <https://web.archive.org/web/20150221171450/http://www.srh.noaa.gov/images/mrx/coop/SnowMeasurementTraining.pdf>.

Frank D. Roylance, "A Likely Record, but Experts Will Get Back to Us", in *Baltimore Sun*, [https://web.archive.org/web/20140716134151/http://articles.baltimoresun.com/2010-02-07/news/bal-md-storm07feb07\\_1\\_baltimore-washington-forecast-office-snow-depth-biggest-storm](https://web.archive.org/web/20140716134151/http://articles.baltimoresun.com/2010-02-07/news/bal-md-storm07feb07_1_baltimore-washington-forecast-office-snow-depth-biggest-storm).

---

## 61. Dentro il Sole

IEEE, "IEEE 1584-2018, IEEE Guide for Performing Arc-Flash Hazard Calculations", [https://www.techstreet.com/ieee/standards/ieee-1584-2018?gateway\\_code=ieee&vendor\\_id=5802&product\\_id=1985891](https://www.techstreet.com/ieee/standards/ieee-1584-2018?gateway_code=ieee&vendor_id=5802&product_id=1985891).

---

## 62. Creme solari

Food and Drug Administration, "Sunscreen Drug Products", <https://www.regulations.gov/docket/FDA-1978-N-0018>.

---

## 63. Camminare sul Sole

S. Blouin, P. Dufour, C. Thibeault e N. F. Allard, "A New Generation of Cool White Dwarf Atmosphere Models. IV. Revisiting the Spectral Evolution of Cool White Dwarfs", in *The Astrophysical Journal*, DCCCLXXVIII, 1, 2019, <https://iopscience.iop.org/article/10.3847/1538-4357/ab1f82>.

Eugene Y. Chen e Brad M. S. Hansen, "Cooling Curves and Chemical Evolution Curves of Convective Mixing White Dwarf Stars", in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, CDXIII, 4, giugno 2011, pp. 2827-2837, <https://academic.oup.com/mnras/article/413/4/2827/965051>.

Brian Koberlein, "Frozen Star", 2 marzo 2014, <https://briankoberlein.com/blog/frozen-star/>.

I. Renedo, L. G. Althaus, M. M. Miller Bertolami, A. D. Romero, A. H. Cársico, R. D. Rohrmann e E. García-Berro, "New Cooling Sequences for Old White Dwarfs", in *The Astrophysical Journal*, DCCXVII, 1, 2010, <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0004-637X/717/1/183>.

M. Salaris, L. G. Althaus ed E. García-Berro, "Comparison of Theoretical White Dwarf Cooling Timescales", in *Astronomy & Astrophysics*, 555, luglio 2013, [https://www.aanda.org/articles/aa/full\\_html/2013/07/aa20622-12/aa20622-12.html](https://www.aanda.org/articles/aa/full_html/2013/07/aa20622-12/aa20622-12.html).

Ganesan Srinivasan, *Life and Death of the Stars*, Undergraduate Lecture Notes in Physics, 2014, <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-45384-7>.

Dimitri Veras e Kosuke Kurosawa, "Generating Metal-Polluting Debris in White Dwarf Planetary Systems from Small-Impact Crater Ejecta", in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, CDXCIV, 1, maggio 2020, pp. 442-457, <https://academic.oup.com/mnras/article-abstract/494/1/442/5788436?redirectedFrom=fulltext>.

R. Mark Wilson, "White Dwarfs Crystallize as They Cool", in *Physics Today*, LXXII, 3, 2019, p. 14-16, <https://physicstoday.scitation.org/doi/10.1063/PT.3.4156>.

---

## 64. Pioggia di caramelle

C. Goldblatt, T. Robinson e D. Crisp, "Low Simulated Radiation Limit for Runaway Greenhouse Climates", in *Nature Geoscience*, 6, 2013, pp. 661-667, <https://www.semanticscholar.org/paper/Low-simulated-radiation-limit-for-runaway-climates-Goldblatt-Robinson/4be39d2e414f1347569d81029f59005e141befc>.

Anna Gunina e Yakov Kuzyakov, "Sugars in Soil and Sweets for Microorganisms: Review of Origin, Content, Composition and Fate", in *Soil Biology and Biochemistry*, 90, 2015, pp. 87-100, <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0038071715002631>.

Andrew J. Heymsfield, Ian M. Giannanco e Robert Wright, "Terminal Velocities and Kinetic Energies of Natural Hailstones", in *Geophysical Research Letters*, XLI, 23, 25 novembre 2014, pp. 8666-8672, <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2014GL062324>.

G. Myhre, D. Shindell, F.-M. Bréon, W. Collins, J. Fuglestvedt, J. Huang, D. Koch, J.-F. Lamarque, D. Lee, B. Mendoza, T. Nakajima, A. Robock, G. Stephens, T. Takemura e H. Zhang, "Anthropogenic and Natural Radiative Forcing", in *Climate Change 2013: The Physical Science Basis*, [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5\\_Chapter08\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WG1AR5_Chapter08_FINAL.pdf).



# Indice analitico

I numeri di pagina in corsivo indicano il testo all'interno delle figure.

47 Ursae Majoris, 126-127

## A

acceleratori, 184, 237-238  
acceleratori di particelle, 184,  
237-238  
accelerazione, 181  
di rotori di elicotteri, 6-7,  
9-10  
tolleranza umana all', 94, 180-  
183, 182  
accendere un fiammifero, 141-142  
acqua, *vedi anche* neve; pioggia  
contenitore con il fondo  
aperto e, 143-148  
densità dell', 71, 197, 301,  
301n, 332, 332n  
dinosauri in, 134  
far evaporare l', 193, 193n  
flusso dell', 273-275, 273n  
lancio di un contenitore d',  
299  
nel corpo, 31, 32, 134  
nelle nuvole, 195-196  
peso dell', 301, 301n  
Terra senza, 34, 34  
acquari, 143-148  
aeroplani, 83-87  
agricoltura, 331  
*Air Force One* (aeroplano), 51  
alberi genealogici, 172-174, 173,  
174  
alcool nel sangue, 210-211, 211n,  
213  
altalena, 78-82  
alto mare, 127  
ammoniaca  
nello stomaco, 284-286  
anidride carbonica, 132n, 332-  
334, 333n  
antenati, 172-175, 173, 174, 175  
api, 51

apparecchio per la risonanza  
magnetica, 168-171  
aria, *vedi anche* atmosfera  
freddo, caldo e, 13-14, 31, 31,  
44-45, 45  
nelle nuvole, 195-196  
pressione dell', 145-148, 160  
spada d', 31, 31  
armi da fuoco, 91  
arrampicata su un palo, 288-290,  
288n  
ascensore spaziale, 119, 137  
ascensori, 112-113, 119, 137  
aspirapolvere, 89, 185  
astronauti, 319  
atmosfera, 145  
ferro nell', 18, 18-20  
luce nell', 44, 44-46, 44n  
atomi, 36, 142, 236-237, 236n  
Au Bon Pain, 120-122  
Austin (Texas), 277-280  
Australia, 26, 28-29, 124-125, 125  
automobile, cattura di uccelli in,  
176-179, 177, 178  
azoto, 14, 31, 262  
azoto liquido, 14, 262

## B

baciarsi, 135  
banane, 52-54, 54  
barometri, 147  
benzina, 23, 23, 23n  
biblioteca di Alessandria, 47  
biblioteche giuridiche, 259  
Blechner, A. J., 259  
bolle di cavitazione, 273, 273n  
bollire, 16, 16-17, 273  
bomba a mano, 93  
Boote, 152-153  
buchini neri, 2, 2-5, 125  
Cygnus X-1, 126, 126n  
Luna di elettroni e, 239-240,

239n

burro di arachidi, 111  
bussole, 168-171

## C

calore, *vedi anche* freddo; fuoco  
aria e, 13-14, 31, 31, 44-45, 45  
del Sole, 105, 105-106, 314-  
318, 314n, 316n, 321-323  
dello spazio, 93-94  
di Giove, 71-73  
dimensioni e, 1 04-105, 105  
di un telefono a valvole, 190,  
190-191  
ferro e, 16, 16-18, 17, 18, 18n  
frigoriferi e, 206-207, 208, 209  
generato dal nucleo della  
Terra, 227  
nelle profondità oceaniche,  
159-160  
radiazione di, 12, 12-13, 13  
raffreddamento del Sole,  
323-328  
calorie, 27-39, 65  
calotte glaciali, fusione delle, 246n  
cambiamento climatico, 20, 21,  
208, 209, 228, 280; *vedi*  
*anche* riscaldamento globale  
camminare all'indietro nel tempo,  
277-283  
campi magnetici, 168-171, 228  
campi marginali magnetici,  
168-169  
cani, 308-313, 309n  
Cappella Sistina, 157, 157n  
caramelle gommose al limone,  
pioggia di, 329-344  
carbone, 131, 133  
carburante  
aeroplani che utilizzano, 83-84  
per automobili, 23, 23n, 132

cascate del Niagara, 272-276, 274n  
in cannuccia, 272-276  
cassetta delle lettere, svellere con un pugno la, 185  
catapulta, 83-87  
Cerere, 103  
cerio, 103  
Chan, Daniel W. M., 154-155  
Chaucer, Geoffrey, *vedi I racconti di Canterbury*  
chiese, 52-54  
clorato di potassio, 141n  
cloro, 284-285  
cocaina, 166-167, 166n  
Codice della California per gli alimenti e l'agricoltura, art. 27.637, 258, 260  
combustibili fossili, 59-60, 83, 121n; *vedi anche* carburante  
bruciare, 132, 132n  
dinosauri nei, 131-134  
impadronirsi dei, 59  
computer, primi, 168-187, 187 conservazione dell'*étendue*, 253, 253n  
*Core, The* (film), 227  
corona del Sole, 316n  
corpo  
acqua nel, 92, 94  
rompere, togliere le ossa dal, 31, 32, 134  
Terra e peso del, 59-65, 108, 108n  
correnti oceaniche, 247, 247  
corse automobilistiche, 180, 180-184  
corre suprema, 257, 257n  
Costituzione degli Stati Uniti, 255-256  
costruzioni, tempo necessario per le, 154-155  
crema solare, 318-322, 321n  
cuccioli, 308-313, 309n  
cuocere con il laser, 228  
Cygnus X-1, 126, 126n

**D**

Daytona International Speedway, 180, 180-181, 183-184  
*Death in Yellowstone* (Whittlesey), 40-41

*Death on the High Seas Act* (*DOHSA*), 127  
defibrillatore, 35  
denti, 185  
dinosauri, 37n, 133n  
metabolismo dei, 37-39, 38n  
meteoriti ed estinzione dei, 98, 102, 138n, 215  
morti nel petrolio, 131-134  
distanza di visibilità, 150, 150  
*DOHSA*, *vedi Death on the High Seas Act*  
droghe, prezzo delle, 166-167  
Dunbar, Robin, 24  
*Dungeons & Dragons*, 240  
Durban (Sudafrica), 81

**E**

edifici, dimensioni degli, 111, 114; *vedi anche* grattacielo australiano Q1; Roma, costruzione di ascensori e, 112-113, 119 megagrattacieli, 115, 115-118, 116, 117, 118 elefanti, 37-38, 37n elementi sulla Terra, 121, 121n elettricità, 207, 234-235, 235 elicotteri apparecchi per la risonanza magnetica e atterraggio degli, 171 rotori degli, 6-10, 7, 8n elio, 300-301, 301n ENIAC, 187, 187 epinefrina, 185 equatore, 293, 293n equazioni di Reissner-Nordström, 239 ere glaciali, 282 esseri umani, 97 descendere da tutti gli, 172-175, 173, 174, 175 loro valore nutritivo, come cibo, 37-39 metabolismo degli, 208-209, 209, 299 numero totale delle vite umane, 24-25 valore economico delle vite umane, 121

estinzione, 98, 102, 138-139, 138n, 215  
estinzione del Permiano, 139  
evaporazione del ferro, 16-21

**F**

falchi, 177-178, 178n fasci di elettroni, 17, 17 fata Morgana (personaggio immaginario), 46, 46 fatamorgana, 46 fattore di protezione (SPF), 318-321, 321n ferro, 16, 17 nell'atmosfera, 18, 18-20 ultrafreddo, 11, 14-15, 15 vaporizzare il, 17n, 18, 18n, 21, 21

fiammifero, accendere un, 141-142 Fletcher, Horace, 300, 300 flusso, 273-275, 273n formiche, 135-136, 262 forza centrifuga, 8, 108, 108n forze di marea, 3 forze g, 94, 180-183 foschia dello spazio, 151-152 Fossa delle Marianne, 140, 159-163 fotosintesi, 132n, 134 frana, 100 francobolli, 122, 122n francobollo Treskilling giallo, 122 freddo, 12, 12, 13, 206 aria e, 13-14, 31, 31, 45, 45 nelle profondità dell'oceano, 159-160 nello spazio, 93-94 frequenza critica di fusione, 278 frequenza degli incidenti, 22-23 frigoriferi, 206-207, 208, 209 fulmine, 223-225 fuoco, 141-142, 141n, 249-251, 254 fusione, 16-17, 31, 230, 246n, 317

**G**

gas cloro, 284-285

- nell'acqua, 148  
 geyser, 40-42, 41, 42  
 Giappone, 244  
     peso del, 245-246  
     scomparsa del, 244-248,  
         245n, 246, 247  
 gigante rossa, 76  
 giochi a pagamento per  
     dispositivi mobili, 164-165  
 Giove, I, 1-3, 72  
     passare attraverso, 138  
     rimpicciolare, 70-73  
 giurisprudenza, 257, 257n  
 glaciazione dell'Illinoiano, 282  
 gomma degli pneumatici, 128-130  
 grandi province ignee, 138  
 granelli di sabbia, 74-77  
 grattacieli, *vedi* edifici,  
     dimensioni degli; grattacieli  
         australiano Q1  
 grattacieli australiano Q1, 26,  
     28-29  
 gravità  
     attrazione gravitazionale dei  
         ragni, 217-219  
     attrazione gravitazionale del  
         Sole, 217-219, 323  
     buchi neri e, 239-240  
     della Terra, 3, 59, 63-65, 287,  
         289-290, 289n, 326-327,  
         327  
     elettroni e, 237, 239-240  
     Giove e, 71-73, 72  
     nella lunghezza sospesa, 270,  
         270  
     palle di neve e, 269-270  
     peso corporeo e, 59, 63  
     sparizione del Giappone e,  
         245, 245n  
     sulla Luna, 287-289  
     sulle nane bianche, 326-327,  
         327  
     uccelli e, 231  
 GRB 080319b, 152-153  
 Great Lakes-St. Lawrence River  
     Adaptive Management  
         Committee, 272, 272n  
 guida/guidare, 23n, 132  
     accelerazione durante la, 180-  
         182, 181  
     catturare uccelli durante la,  
         176-179, 177, 178  
     fino al limite dell'universo,  
         22-25  
     svellere una cassetta delle  
         lettere durante la, 185
- H**
- hamburger, 39  
 Harry Potter (personaggio  
     letterario), 262  
 Hawking, Stephen, 126n
- I**
- Icaro (figura mitologica), 317  
*Il mago di Oz* (film), 167  
 impatto di Chicxulub, 98, 100-  
     102, 101, 215  
 incudine che cade dallo spazio,  
     233  
 insetti, 90, 90, 96-97; *vedi anche*  
     api; formiche  
 iPhone, *vedi* telefono fatto di  
     valvole  
*I racconti di Canterbury*  
     (Chaucer), 47-48  
 IRS, 261  
 isotopi, stabilità degli, 104, 107
- J**
- Johnson, Dwayne, 208-209, 209  
 Jurassic Park (parco di fantasia),  
     102
- K**
- Kalt, Brian C., 95  
 Keeler, Cindy, 237-239  
 kelvin, 11-12, 12  
 Kepler-1606, 24  
 kevlar, 183
- L**
- labbra, 135  
*La carica dei 101* (film), 309-  
     310, 313  
 lago Toba, eruzione che creò il,  
     280-281, 307n  
 lampadine ad alta intensità, 202-  
     203, 203n
- Large Hadron Collider (LHC), 184  
 laser, 43, 43-46  
     cuocere con il, 228  
     usato come ombrello, 192-194  
 lava, 62; *vedi anche* vulcani  
     estinzione e, 138-139, 138n  
 Everest che si trasforma in,  
     138-139  
 lampada fatta con la, 202-  
     205, 203  
 Lee, Harper, 48-49  
 legge di Stefan-Boltzmann, 190,  
     190, 317  
 leggi  
     leggere le, 255-259, 256n,  
         257n, 261  
     necessità di, 259-260  
     private letter ruling, 261  
 lente d'ingrandimento, 249-254  
 lenti, 250-253, 251n, 252  
 LHC, *vedi* Large Hadron Collider  
 libri, 47-50  
     in inglese, 47-48, 50  
 limite dell'universo osservabile,  
     22-25  
 liquefazione del terreno, 100  
 Liu, Ting Ting, 26  
 livello del mare, 245-248, 246,  
     246n  
 Lowe, Derek, 285  
 LSD, 167  
 luce, 253, 253n; *vedi anche* luce  
     del Sole  
     lenti che concentrano la, 250-  
         253, 251n, 252  
     nell'atmosfera, 44, 44-46,  
         44n  
     nelle profondità oceaniche,  
         160-161  
     spazio che distorce la, 152  
     zucchero che emette, 223-225  
 luce del Sole, 51, 315-316  
     energia dalla, 60, 60-61  
     lenti che concentrano la, 250-  
         253, 251n, 252  
     nei combustibili fossili, 132,  
         132n  
     nell'atmosfera, 44, 44-46, 44n  
 Luna, 106, 110, 216, 289n,  
     294, 295  
     accendere un fuoco con la  
         luce della, 249-251, 254

distruggere la, 228  
fatta di elettroni, 236-240,  
239n  
palo dalla Terra alla, 287-297,  
289, 293  
lunghezza sospesa, 270,  
270-271  
lunghezza del giorno, 215-216  
luoghi di culto, 52-54

**M**

Mahowald, Natalie, 18-20  
mangiare nuvole, 195-198  
Mario (personaggio di un videogioco), 33, 33  
Martin, John, 20  
massa della Terra, 59-65  
Massachusetts, 256-257  
masticazione, 299-300, 300  
masticare grissini, 299-300,  
300  
materiali ultrafreddi, 11, 14-15,  
15  
McDonald's, 39, 39n  
meduse, 229  
quadrifoglio, 229  
megagrattacieli, *vedi* edifici,  
dimensioni degli  
membrana nittitante, 243n  
mercurio (elemento), 103, 204,  
204n  
Mercurio (pianeta), 103  
metabolismo  
dei dinosauri, 37-39, 38n  
umano, 208-209, 209, 299  
metalli, costosi, 165  
meteoriti, 99-101  
estinzione dei dinosauri e, 98,  
102, 138n, 215  
rotazione della Terra e, 214-  
215, 215  
Michelangelo, 157, 157n  
microonde, 91, 298  
microplastiche, 129-130  
miniere, 159-160  
miraggio, 45, 45  
Mississippi, 281  
moneta di platino da mille  
miliardi di dollari, 167  
mongolfiera, 56, 56  
monte Cayambe, 293n

monte Chimborazo, 293n  
monte Everest, 148, 293  
palla di neve che rotola giù  
dal, 268-271

se fatto di lava, 138-139  
Moses Mabhida Stadium  
(Durban, Sudafrica), 81  
Muller, Derek, 220n

**N**

nana bianca, 324n  
gravità su una, 326-327, 327  
Sole come una, 323-328, 324,  
327  
nana rossa, 75-76  
nanosecondo luce, 314n  
NASA, 23n  
National Weather Service,  
306-307

nettunio, 103-107, 106, 106n  
Nettuno, 103-307, 106  
neve

palle di, 268-271, 270, 271,  
307  
Terra coperta di, 305-307  
*New Horizons* (sonda spaziale),  
23n  
New York  
il tempo scorre all'indietro a,  
277, 283  
T. rex a, 37-39  
nube a fungo, 72  
nucleo galattico, 125-126, 126

**O**

Obama, Barack, 231-232  
occhio, 152, 243n, 278; *vedi*  
anche distanza di visibilità;  
oggetti visibili nello spazio  
la Terra come un  
enorme, 149-153  
puntare uno dei due occhi  
verso l'altro, 241-243  
oceano,  
correnti nell', 247, 247  
ferro nell', 20, 21  
tubo nell', 159-163  
*Odissea* (Omero), 208  
odore delle stelle, 301-302

oggetti artificiali, grandezza  
media degli, 303  
oggetti visibili nello spazio, 152,  
152-153

Old Faithful, 40-42  
olio (per motori), 23, 23, 23n  
Olson, Ted, 122-123  
ombrellino laser, 192-194  
Omero, 208  
omicidio, 94-95  
orizzonte degli eventi, 2, 2, 4  
oro, 165-166, 204n  
oscillazione forzata, 79  
ossa, 92, 94  
ossidante, 141-142, 141n  
ossigeno, 13-14, 31, 31, 141-142,  
141n  
ossigeno liquido, 13  
ozono, 302-303

**P**

pale di elicotteri; *vedi* elicotteri  
palla da basket in rotazione, 214  
palla di sabbia, 99-100  
palloni/palloncini, 88  
serpenti che ingoiano, 33, 33  
su Venere, 233  
telecamera sui, 32, 32  
palo, arrampicata su un, 288-290,  
288n  
panna montata, 197, 197n  
pannelli solari, 60, 60  
paracadutismo, 34, 34  
Parker, G. A., 27n  
patate, fusione delle, 230  
pavimento di casa usato per  
hockey da tavolo, 230  
pelle morta in polvere, 220-222,  
220n  
pendolo, 78-80  
Pennycuick, C. J., 27n  
periodo glaciale MIS-8, 282  
persone più alte, 199-201  
pesci, 145-147  
peso  
del Giappone, 245-246  
dell'acqua, 301, 301n  
della Terra e peso corporeo,  
59-65, 108, 108n  
dimensioni degli edifici e,  
111-112

petrolio, 121n, 131-134  
 piccioni  
     nello spazio, 231, 231  
     peso trasportato da, 26-29, 29  
     volo dei, 26-29, 27n, 231, 231  
 pioggia  
     di caramelle gommose al limone, 329-344  
     fermarla con i laser, 192-194  
 piscine, 263-267, 264n  
 plastica, 131, 134  
 platino, 165, 167  
 plica semilunare, 243, 243n  
 Plutone, 103-104  
 Plutonio, 103-105, 165  
 pneumatici di gomma, 128-130  
 poké ball, 260  
 polmoni, 19  
 pompare fluidi, 273, 273n  
 Portsmouth Gaseous Diffusion Plant, 106  
*private letter ruling*, 261  
 profondità oceaniche, 159-161  
 proiettili, 55-58, 55n, 58n, 138  
 protoni, 142, 236-237, 239n  
 punto degli antenati identici, 173-175  
 punto lagrangiano L1, 289-290

**Q**

quantità di moto di un proiettile, 57

**R**

rabbia, 226  
 radiazione del calore, 12, 12-13, 13  
 radiazione ultravioletta, 319-321  
 radunare la popolazione mondiale, 155, 155n  
 ragni, 217-219, 218n, 219n  
     nell'impianto di trattamento delle acque reflue del fiume Back, 219, 219n  
 ragno palombaro, 218n  
 razzo, 138  
 regolamenti, 256  
 relatività, 237-239, 237n  
 relatività generale, 4-5, 237-239  
 resistenza alla trazione, 270, 270

respirare, 19  
 riscaldamento globale, 228, 332-334  
     ferro e, 20, 21  
     frigoriferi e, 207, 208, 209  
 risoluzione, 150, 150  
 Rohde, Douglas L. T., 173-174  
 Roma, costruzione di, 154-158, 155n, 156  
 rotazione della Terra, 108-110, 108n

**S**

sabbia, 74-77, 99-100  
 saldatrice, 35  
 saliva, 263, 267  
 sangue  
     alcool nel, 210-211, 211n, 213  
     bere, mangiare, 210-213, 211n  
     formiche nel, 262  
     uranio liquido nel, 30  
 saponificazione, 285-286  
 satelliti, 109  
 scatola per scarpe, modo costoso per riempire una, 164-167  
 schede micro SD, 164, 167  
 scongelamento, 14-15  
 serpenti, 33, 33  
 sfera di Dyson, 61-62, 312  
 Shannon, Claude, 186  
 singolarità nuda, 239  
 Sisifo (personaggio mitologico), 206, 208, 208-209  
 sistema solare, 1, 100  
     riempito di zuppa, 1-5  
     sopravvivenza nel, 232  
 smartphone, *vedi* telefono fatto di valvole  
 soffiatori di foglie che spostano SUV, 89  
 Sole, 160-161; *vedi anche* pannelli solari; sistema solare  
     attrazione gravitazionale del, 217-219, 323  
     calore del, 105, 105-106, 314-318, 314n, 316n, 321-323  
     come nana bianca, 323-328, 324, 327  
     insetti che volano verso il, 90, 90  
 interno del, 316-317  
 persone più alte e, 199, 201  
 radiazione ultravioletta dal, 319-321  
 raffreddamento del, 323-328  
 superficie del, 314-316, 314n, 318-322  
 tempo che va all'indietro e, 277-278  
 Terra distrutta dal, 323n  
 vedere due volte albe o tramonti, 200, 200  
 sondaggio sulle religioni, 52-53  
 spada d'aria, 31, 31  
 spazio  
     calore nello, 93-94  
     foschia dello, 151-152  
     incudine caduta dallo, 233  
     oggetti visibili nello, 152, 152-153  
     piccioni nello, 231, 231  
     strada verso lo, 137  
 spazio aereo, estensione dello, 124-127, 125  
 specchi, 51, 242-243, 250  
 spiagge di vetro, 247, 247n  
 squali, 145-146  
 Stapp, John Paul, 181  
 stelle, 126-127  
     a temperatura ambiente, 24, 323-325, 324n  
     che collassano, 152-153  
     dimensioni delle, 75-76  
     nana bianca, 323-328, 324, 324n, 327  
     nella Via Lattea, 74-75, 77  
     odore delle, 301-302  
     sapore delle, 303  
 stime di Fermi, 66, 66n, 67, 68-69  
 Stommel, Henry, 163  
 strada verso lo spazio, 137  
 stufe elettriche, 234-235, 235  
*Super Mario Bros* (videogioco), 33, 33

**T**

tarantola golia, 218, 218n  
*Taskmaster* (programma televisivo), 300n  
 tefra, 204, 204n

telecamera, 32, 32  
telefono fatto di valvole, 186-191,  
190  
telescopi, 150-151, 252n  
Tellado, Corín, 48-49, 49  
temperatura ambiente, stelle a,  
24, 323-324, 324n  
tempo, camminare indietro nel,  
277-283  
teorema "no hair" ("senza  
capelli"), 5  
teoria delle stringhe, 237-238  
termodinamica, 250-251, 252n  
Terra, 2, 3, 124  
campi magnetici della, 228  
coprire di neve la, 305-307  
coprire di zucchero la, 332  
crosta e mantello della,  
61-63, 109, 121, 121n,  
191, 227  
di protoni, 236-237, 239n  
distruitta dal Sole, 323n  
elementi della, 121, 121n  
estensione dello spazio aereo  
della, 124-127, 125  
farne una sfera perfetta, 136  
gravità della, 3, 59, 63-65,  
287, 289-290, 289n, 326-  
327, 327  
palo dalla Luna fino alla,  
287-297, 289, 293  
peso corporeo e, 59-65, 108,  
108n  
rimuovere la superficie della,  
61-63  
rotazione della, 214-216, 215,  
287, 293, 293n  
senza acqua, 34, 34  
tagliare a metà la, 229  
un occhio grande come la,  
149-153  
tetti, 331  
tettonica delle placche, 227  
Titano, 141-142  
tonsille, 51  
tostapane, scaldare una casa con il,  
234-235, 235  
trampolino, 92  
transistor, 186, 186, 187  
trattati, 255-257  
T. rex, *vedi Tyrannosaurus rex*  
triboluminescenza, 223-225

tsunami, 101, 101-102, 247-248,  
247n, 266

tsunami da impatto, 247, 247n  
tubo nell'oceano, 159-163  
*Tyrannosaurus rex* (T. rex), 37-  
39, 37n, 38n

## U

uccelli, 29; *vedi anche* piccioni  
catturarli con un'automobile,  
176-179, 177, 178

volo di, 26-29, 27n, 177-178,  
178, 178n, 231, 231

undicilione, 120, 123  
UNIVAC, 187, 187-189  
Università di Aeronautica e  
Astronautica di Nanchino,  
26

universo  
buchi neri e, 239-240, 239n  
limite dell'universo  
osservabile, 22-25  
stelle nell'universo visibile, 74  
uova, 250, 258, 300-301, 300n  
uranio, 30, 103-105, 107  
uranio liquido, 30  
Urano, 103-105, 107  
uva, 36

## V

valore economico  
creato dagli insetti, 96  
totale, 120-122, 121n

valori degli immobili, 68, 155,  
155n

valvole, 186  
nei computer, 186-187, 187  
telefono fatto di, 186-191,  
190

vapore acqueo, 333-334

vaporizzazione, *vedi anche*  
evaporazione

del ferro, 17-21, 17n, 18,  
18n, 21  
dell'acqua, 193, 193n  
vele, 140-141  
velocità  
dei rotori degli elicotteri, 6-9  
della Luna, 293-295, 294,  
295

di guida, 180-181, 181  
di rotazione della Terra in  
accelerazione, 108-110

di scrittura, 48-50  
velocità terminale, 233

Venere, 232-233, 334  
vento, 112-113, 140-141

vernice, 66-69  
vesciche natatorie, 145, 147

vetro al quarzo fuso, 202-203  
vetro fuso, 203, 203n

Via Lattea, 3-4, 125-126, 126  
attraversare in volo la, 231-  
232

stelle nella, 74-75, 77  
Terra rispetto alla, 124, 124  
visibilità della, 152, 152

visione doppia, 241-243  
Vladivostok (Russia), 247, 147n  
volo

di insetti, 90, 90  
di piccioni, 26-29, 27n, 231,  
231

di uccelli, 26-29, 27n, 177-  
178, 178, 178n, 231, 231

vulcani, 61, 61-62, 204, 280-  
281, 307n

vuoto, 93, 230

## W

Wentworth, Chester K., 74-75  
Whittlesey, Lee H., 40-41  
Wilson, Tracy V., 197n  
Wint-O-Green Life Savers, 223,  
223n

## Y

Yellowstone, Parco nazionale di,  
40, 40-42, 41, 95

## Z

zaffiro, 203  
zaino a razzo, 34, 35  
Zittrain, Jonathan, 259, 261  
zucchero, 223-225, 332  
zucchero filato, 197  
zuppa, 1-5