

Velocità in poltrona

Claudio Elidoro

CREDO che tutti quanti, almeno una volta, ci siamo imbattuti in uno di quei libri che raccolgono i record e le prodezze più curiose. Ebbene, nei giorni scorsi me ne è capitata per le mani un'edizione di qualche anno fa e non ho resistito alla tentazione di sfogliarla. Tra le tante imprese che venivano riportate, mi ha particolarmente colpito il record di velocità stabilito da un veicolo terrestre. Secondo la registrazione ufficiale, il 15 ottobre 1997, nel Black Rock Desert del Nevada, il veicolo Thrust SSC (SuperSonic Car), con ai comandi il pilota della RAF Andy Green, raggiungeva la velocità di 1227,98 km/h, superando dunque la barriera del suono (Mach 1,02). Una prestazione che ha dell'incredibile, ma che ciascuno di noi può agevolmente superare anche standosene comodamente seduto in poltrona.

Il lettore più smaliziato ha già capito dove intendo andare a parare. Come abitanti del pianeta Terra, infatti, partecipiamo anche noi ai moti che caratterizzano questo corpo celeste e che da oltre quattro miliardi di anni lo portano a zonzare per l'universo. Ritengo sia molto istruttivo fare il punto su questi moti, provando a determinare le velocità davvero folli che li caratterizzano.

Il primo passo non può che essere quello di considerare la rotazione della Terra intorno al suo asse, il movimento che governa l'alternarsi del giorno e della notte. Per una persona che risiede all'Equatore il calcolo della velocità collegata a questo movimento è semplice. Ogni giorno, pur standosene immobile, la rotazione della terra la porterà a percorrere una distanza pari all'Equatore stessa.

* Questa rubrica si propone di presentare in modo sintetico e, per quanto possibile, autoconsistente argomenti che stanno alla base della conoscenza astronomica, spesso trascurati nella letteratura divulgativa, in quanto ritenuti di conoscenza generale oppure troppo difficili o troppo noiosi da presentare ad un pubblico non specialistico. Questi "fondamenti di astronomia", volutamente trattati in uno spazio limitato, possono essere letti a due livelli; eventuali approfondimenti per i lettori che desiderino ampliare la conoscenza dell'argomento vengono esposti in carattere corsivo e incorniciati. Si suggerisce questa rubrica, quindi, a studenti dei vari tipi e livelli di scuole. Le *Spigolature astronomiche* si possono trovare anche in rete, nel sito Web del «Giornale di Astronomia», www.bo.astro.it/sait/giornale.html.

Prendendo per buono il valore della lunghezza dell'Equatore che forniscono i libri di geografia, cioè circa 40'075 chilometri, possiamo ottenere che la velocità all'Equatore vale:

$$v_E = 40'075 / 24 = 1'669,79 \text{ km/h}$$

Trattandosi di un moto circolare – i libri di fisica parlano di velocità tangenziale o periferica – la direzione di questa velocità cambia ogni istante, dunque il moto non ci sta portando verso una precisa destinazione nello spazio. Ciò non toglie che il suo valore sia ugualmente significativo dal punto di vista fisico. Non per niente, infatti, si tende a costruire le basi di lancio per le missioni spaziali il più vicine possibile all'Equatore e a dirigere il lancio verso est, sfruttando proprio quel "bonus" offerto dalla rotazione terrestre.

Oltre a ruotare intorno al proprio asse, però, la Terra ruota anche intorno al Sole. In prima approssimazione, insomma, potremmo ripetere un calcolo simile al precedente. Peccato che questa volta il tragitto non sia circolare (il suo schiacciamento rispetto a un cerchio perfetto è descritto dal parametro chiamato eccentricità, che per l'orbita della Terra vale 0,0167). Anche l'orbita della Terra, come quella di tutti quanti i pianeti, è infatti un'ellisse. Dato che l'eccentricità non è poi così grande, però, possiamo far finta che l'orbita sia perfettamente circolare e accontentarci di un calcolo approssimato. Per il raggio di questa circonferenza utilizziamo dunque il valore dell'Unità Astronomica (UA), fissato dall'IAU nel 2009 in 149'597'870,700 km, e per il tempo impiegato a compiere il tragitto il valore dell'anno corrispondente a 365,25 giorni (anno siderale), corrispondenti a 8766 ore.

Avremo dunque che la velocità di rivoluzione sarà:

$$v_R = 2 \pi 149'597'870,7 / 8766 = 107'226,91 \text{ km/h}$$

una velocità oltre 64 volte più grande di quella precedentemente calcolata per l'abitante all'Equatore.

In questa nostra scalata alla velocità dobbiamo, però, aggiungere almeno un altro tassello: quello legato al movimento del Sole intorno al centro del-

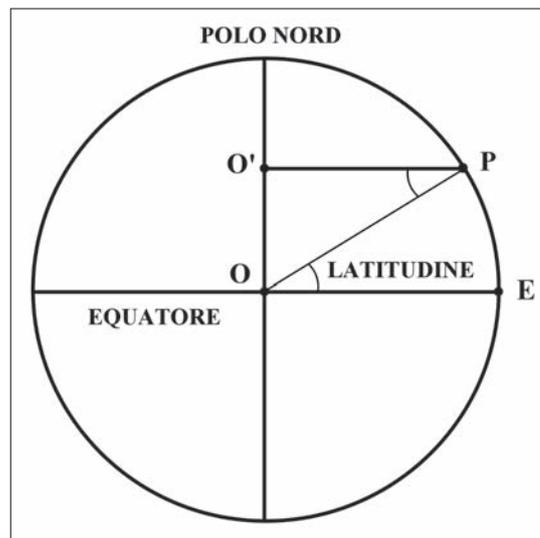
la Via Lattea. Non cambia la sostanza dei calcoli (è ancora un moto circolare), ma le grandezze in gioco diventano decisamente più grandi. Diventa purtroppo anche intrinsecamente meno preciso il calcolo che possiamo fare, sia perché la distanza del Sole dal centro galattico non è nota con precisione, sia perché è altrettanto poco conosciuta la lunghezza dell'anno galattico. Consultando manuali di astronomia e Internet, possiamo constatare che il valore considerato più attendibile per il raggio di questo moto circolare è pari a 27 mila anni luce, mentre per la lunghezza dell'anno galattico possiamo spaziare tra 225 e 250 milioni di anni. Dovendo scegliere, optiamo per il quasi salomonico valore di 240 milioni di anni.

Visto che ci sono in gioco secondi, milioni di anni, chilometri e anni luce, dobbiamo stare particolarmente attenti a non imbrogliarci nei calcoli. Non dovrebbero comunque esserci problemi a calcolare che la velocità del Sole ammonta a $762\,643 \text{ km/h}$, valore che lievita a $813\,486 \text{ km/h}$ se dovessimo prendere per buono il valore inferiore della durata dell'anno galattico. Un valore davvero da brivido, oltre sette volte più grande di quello già consistente calcolato per il moto orbitale della Terra intorno al Sole. Pur restandocene tranquillamente seduti in poltrona, insomma, stiamo viaggiando nel cosmo a una velocità degna delle potenti navi stellari dei romanzi di fantascienza.

Tremendamente complicato provare a combinare tra loro tutte queste velocità che abbiamo finora incontrato, sempre ammesso, poi, che possa aver senso prendersi la briga di effettuare un simile calcolo. Oltre al fatto che si tratta di moti circolari – dunque moti in cui la direzione del vettore velocità cambia ogni istante – dobbiamo infatti considerare che non si ripetono mai perfettamente uguali a se stessi, ma sono soggetti a periodiche oscillazioni. Mettiamo inoltre in conto che, pur trascurando il fatto che l'asse di rotazione della Terra non è fisso, ma soggetto al moto di precessione, sappiamo che esso è inclinato di $23^\circ 27'$ rispetto al piano su cui avviene la rivoluzione (inclinazione che è all'origine delle stagioni). E se questa complicazione ancora non bastasse, aggiungiamo che risulta anche inclinato di circa 117° rispetto all'asse di rotazione della Galassia. E adesso, se qualcuno vuol fare i conti, si accomodi...

Prima di aggiungere un ultimo decisivo tassello al mosaico che abbiamo finora assemblato, sono opportune un paio di precisazioni.

La prima riguarda il moto di rotazione. Abbiamo calcolato la velocità tangenziale di un terrestre all'equatore, possiamo facilmente intuire che ai Poli tale velocità vale zero (si gira molto lentamente su se stessi compiendo un giro completo in 24 ore), ma cosa avviene alle latitudini intermedie?



Per rispondere a questa domanda ci aiutano alcune semplici considerazioni geometriche. Osservando la figura, possiamo notare che la misura del raggio che descrive la circonferenza percorsa dall'abitante della Terra a diverse latitudini è strettamente legata all'angolo che definisce la stessa latitudine. Dato che l'angolo OPO' e l'angolo POE sono uguali, vediamo che

$$PO' = OE \cos(\text{latitudine})$$

una relazione che, molto semplicemente, ci permette di concludere che la velocità tangenziale a una certa latitudine è data da

$$v_{\text{lat}} = v_E \cos(\text{latitudine})$$

Visto che sto scrivendo da Cremona (latitudine di 45°), nel mio caso la velocità tangenziale risulta di $1\,180,72 \text{ km/h}$.

La seconda precisazione vuole andare incontro ai più curiosi che vorrebbero conoscere a quanto ammontano la velocità massima e quella minima del nostro pianeta nella sua orbita intorno al Sole. Per fare questo calcolo è necessario ricorrere alla seguente espressione, che descrive la velocità v_r di un corpo celeste in orbita intorno al Sole quando la sua distanza dal Sole vale r

$$v_r = \sqrt{GM \left(\frac{2}{r} - \frac{1}{a} \right)} \quad (1)$$

dove: G = costante di gravitazione universale ($6,673 \times 10^{-11} \text{ Nm}^2/\text{kg}^2$)

M = massa del Sole ($1,989 \times 10^{30} \text{ kg}$)

a = semiasse maggiore dell'orbita.

Utilizzando il semiasse maggiore della Terra ($a = 1,496 \times 10^{11} \text{ m}$) e tenendo conto che le distanze del perielio e dell'afelio sono date da

$$\begin{aligned} r_P &= a(1 - e) \\ r_A &= a(1 + e), \end{aligned}$$

possiamo inserire i valori nella (1) ottenendo che al momento del passaggio al perielio (intorno al 4 gennaio) la velocità tangenziale sarà di circa 109'035 km/h, mentre all'afelio (intorno al 5 luglio) sarà di circa 105'453 km/h.

Esaurite le due precisazioni, veniamo all'ultimo tassello da inserire nel nostro mosaico. Al lettore attento non sarà infatti sfuggito che non abbiamo ancora considerato il moto della nostra Galassia nell'universo. Tralasciando il moto che caratterizza la Via Lattea rispetto alle altre galassie del Gruppo locale, negli anni Settanta si scoprì che tutte quante queste galassie si stavano dirigendo verso una meta comune. Nacque così l'idea del Grande Attrattore, qualcosa di tremendamente massiccio posto a 250 milioni di anni luce in direzione dell'Idra e del Centauro, sulla cui natura, però, restavano grandissimi dubbi. L'idea più concreta è che si tratti di un superammasso di galassie, al centro del quale si collocherebbe il Norma Cluster.

Alla fine degli anni Ottanta, quando il satellite COBE fornì una prima indicazione sulle proprietà della radiazione cosmica di fondo (il famoso eco del Big Bang), una delle prime scoperte fu l'esistenza di un moto privilegiato nello spazio. Impiegando la radiazione cosmica di fondo quale sistema di riferimento, secondo COBE la Terra starebbe puntan-

do verso una direzione specifica alla folle velocità di oltre un milione e trecentomila chilometri orari. La conferma del Grande Attrattore? No.

La direzione indicata da COBE, infatti, non solo non coincide con quella del Grande Attrattore, ma neppure con quella del Superammasso di Shapley (noto anche come Shapley Concentration), il più grande superammasso di galassie individuato finora e posto a 650 milioni di anni luce di distanza in direzione del Centauro. C'è chi suggerisce che siano proprio gli effetti combinati del Grande Attrattore e della Shapley Concentration a determinare quella folle corsa rispetto alla radiazione di fondo. La rilevazione di COBE è stata confermata appieno anche dai recentissimi risultati del satellite Planck, pubblicati nel marzo 2013. La conclusione alla quale giungono gli astronomi della Planck Collaboration, al netto delle incertezze dovute alla statistica o a errori sistematici, è che quel moto rispetto alla radiazione di fondo è caratterizzato da una velocità di 1'382'400 km/h.

L'ultimo tassello, insomma, è decisamente il più pesante di tutti. Liberissimi di non crederci, ma anche quando, seduti in poltrona, ci sembra di starcene assolutamente fermi stiamo in realtà sfrecciando nell'universo a una velocità che ha davvero dell'incredibile.

Claudio Elidoro si è laureato in Astronomia presso l'Università di Bologna con una tesi riguardante i Corpi minori del Sistema solare e si è diplomato al Master in Comunicazione Scientifica presso l'Università di Milano. È insegnante di matematica in una scuola professionale di Cremona e svolge attività di divulgazione astronomica scrivendo articoli per riviste del settore. Ha curato la prima parte della versione online delle Spigolature Astronomiche. Nel dicembre 2006 il Minor Planet Center ha assegnato il suo nome all'asteroide (43956) Elidoro.