

L'illusione della Luna

21

La rifrazione può provocare uno schiacciamento verticale degli oggetti celesti vicini all'orizzonte, come in questa foto scattata in Antartide.

A tutti sarà capitato di soffermarsi a notare quanto più grande del solito appaiano la Luna, il Sole e le costellazioni quando si trovano in prossimità dell'orizzonte. Che cosa determina questa vera e propria illusione ottica?

Molti fenomeni osservabili a occhio nudo nel cielo sono dovuti alle caratteristiche dell'osservatore, e sono dunque studiati dalla psicologia. Il più noto tra questi è l'*illusione celeste*: la Luna, il Sole e le costellazioni sembrano molto più grandi quando sono vicini all'orizzonte che non quando sono prossimi allo zenit. Tutti abbiamo presente quanto sembra grande il Sole al tramonto, e quanto sembra in confronto piccola la Luna alta nel cielo: eppure, le loro dimensioni angolari sono praticamente le stesse.

Quella parte dell'illusione celeste che riguarda la Luna, ovvero l'*illusione della Luna*, è stata particolarmente studiata e discussa da ogni genere di scienziati e filosofi, probabilmente perché è più facile da osservare.

Il primo riferimento sicuro all'illusione è da parte di Aristotele, il quale, come in seguito Tolomeo nel suo *Almagesto*, attribuiva l'effetto alla rifrazione atmosferica. Oggi però sappiamo con certezza che l'illusione non ha né questa né altre cause fisiche: anzi, la Luna è un po' più piccola quando è nei pressi dell'orizzonte, perché è un po' più distante dall'osservatore; inoltre, proprio la rifrazione fa sì che l'immagine della Luna all'orizzonte sia spesso verticalmente compressa, e dunque più piccola, come illustrato

dalla fotografia che qui fa da sfondo. Anche se radicalmente errata, questa spiegazione è stata riproposta molte volte nel corso dei secoli, e capita ancor oggi di imbattersi in qualche testo poco avveduto.

Se le cause dell'illusione non sono fisiche, esse devono necessariamente risiedere nell'osservatore, devono cioè essere di ordine psicologico o fisiologico. Se ne rendeva già conto l'arabo Ibn al-Haytham, nel X secolo, secondo il quale la Luna sembra più grande quando è vicina all'orizzonte perché sembra più distante. Come si vedrà, questa è ancora oggi una delle spiegazioni che godono di maggior credito.

Nel corso del tempo, l'illusione è stata studiata con metodi via via più sofisticati. In una prima fase ci si è affidati a osservazioni aneddotiche e a stime basate sulla memoria: si chiedeva cioè ai soggetti se e di quanto ricordavano che la Luna all'orizzonte fosse più grande. In questo modo, però, si confrontavano due ricordi, oppure un percepito (cioè un dato direttamente osservato) con un ricordo, e non due percepiti, per cui non vi era garanzia che l'illusione così stimata riguardasse la percezione piuttosto che la memoria.

Un altro metodo utilizzato in alcuni studi scientifici, a partire da Zeno nel 1862 ("On the changes in the apparent size of the moon" *Philo-*



Se si fissa la croce di sinistra per circa mezzo minuto e poi si sposta lo sguardo sulla croce di destra, si vedrà un disco azzurro illusorio. Si tratta di un'immagine consecutiva negativa.

sophical Magazine, 24, pp. 390-2), poco preciso ma ancor oggi utile per chi voglia sperimentare "in proprio", consiste nell'uso di un'immagine consecutiva (un'immagine consecutiva curiosa può essere vista qui: www.michaelbach.de/ot/cog_Darwin/index.html).

Si fissi ora la croce di sinistra della figura qui sopra per circa mezzo minuto, senza mai muovere gli occhi. Si sposti poi lo sguardo sulla croce di destra: si noterà un disco azzurro illusorio, grande quanto quello arancione di sinistra. Si tratta di un'immagine consecutiva negativa, dovuta ad affaticamento retinico, ed è "proiettabile" su qualunque superficie si

desideri, in quanto si muove con gli occhi. L'immagine è detta "consecutiva" perché segue la visione prolungata di un'immagine reale, e "negativa" perché il suo colore è diverso da (complementare a) quello dell'oggetto che l'ha generata. Il metodo in questione consiste nel produrre un'immagine consecutiva osservando (con prudenza) il Sole all'alba o al tramonto per circa mezzo minuto, e nel proiettarla poi prima allo zenit e poi all'orizzonte: l'astro illusorio sembrerà più grande in quest'ultimo caso. L'immagine consecutiva è però instabile e di breve durata; inoltre, non è possibile misurare con precisione come

L'entità dell'illusione della Luna misurata da Kaufman e Rock (1962) in uno dei loro esperimenti. La Luna all'orizzonte (destra) sembrava avere un diametro pari a 1,5 volte quello della Luna ad un'elevazione di 70° (sinistra). Si noti che la figura può essere fuorviante, a causa di un'ulteriore illusione: la Luna di destra, infatti, sembra erroneamente avere un diametro ben superiore a 1,5 volte e un'area ben superiore a 2,25 volte quella della Luna di sinistra.





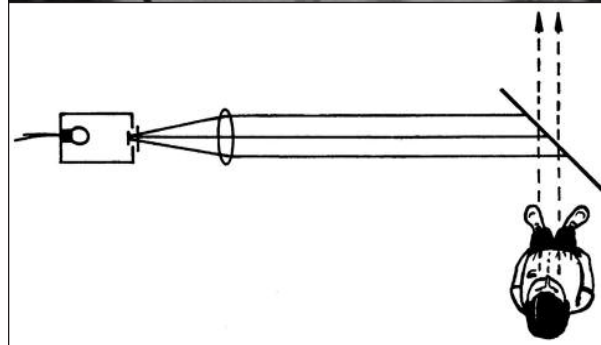
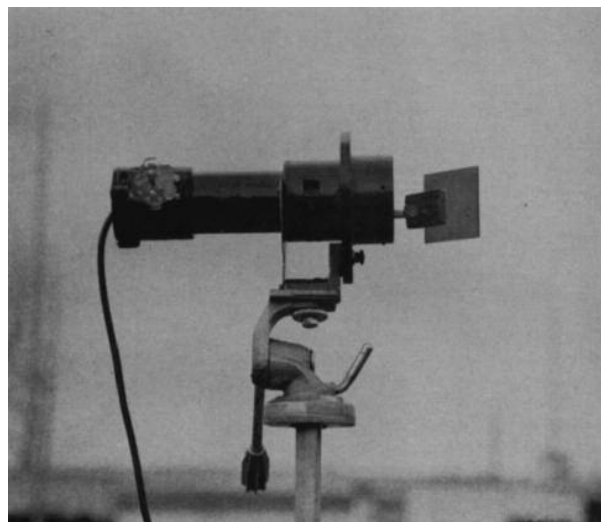
Lo spazio di sinistra, delimitato da dischetti neri, sembra maggiore di quello di destra, delimitato da dischetti rossi (illusione di Oppel-Kundt). In generale, gli spazi non omogenei si espandono rispetto a quelli omogenei.

le sue dimensioni apparenti mutino al mutare della porzione di cielo contro la quale la si proietta. Per queste ragioni tale metodo è oggi raramente utilizzato nei lavori scientifici.

Il metodo migliore è indubbiamente quello ideato da Lloyd Kaufman e Nyla Irvin Rock nel 1962 ("The moon illusion" I & II, *Science*, 136, pp. 953-961 & 1023-1031) e adottato in quasi tutti gli esperimenti rilevanti successivi: con un sistema ottico, chiamato "macchina lunare" (*Moon machine*), si presentano simultaneamente due lune piene artificiali, una all'orizzonte e una alta nel cielo, e si chiede ai soggetti di confrontarne le dimensioni apparenti: vi è, in questo modo, la garanzia di avere che fare con una illusione autenticamente percettiva, in quanto vengono confrontati due percetti. Inoltre, l'osservatore può modificare le dimensioni di una delle due lune in modo da renderle soggettivamente identiche a quelle dell'altra, e ciò consente di quantificare con precisione l'illusione: se ad esempio la Luna all'orizzonte sembra grande quanto l'altra quando è in realtà il 50% di

quest'ultima, l'illusione sarà appunto del 50%. Nella maggior parte delle condizioni studiate da Rock e Kaufman, la Luna all'orizzonte aveva un diametro apparente pari a circa 1,5 volte quello della Luna a un'elevazione di 70°, come illustrato alla pagina precedente, ma si arrivava a un rapporto vicino a 2/1 quando si utilizzava un orizzonte sgombro e lontanissimo, quello dell'oceano.

Questo ci porta alle condizioni che determinano l'illusione. Sembra che il fenomeno sia causato da più fattori che si sommano, di cui uno è particolarmente rilevante. Vediamoli.



A sinistra vediamo la cosiddetta "macchina lunare" di cui si servirono Kaufman e Rock nei loro esperimenti. Lo schema in basso ne illustra il funzionamento: la macchina proietta un disco luminoso (la finta Luna) su una lastra di vetro inclinata di 45°; il soggetto guarda in direzione della lastra e vede il disco luminoso come un oggetto collocato tra i molti altri che può vedere oltre la lastra.

Il terreno e la lontananza apparente dell'orizzonte

Il fattore più importante sembra essere la lontananza apparente dell'orizzonte: più il confine tra cielo e terra (o mare) appare distante e ben visibile, più la Luna che gli è vicina appare grande. Se invece si occlude l'orizzonte con uno schermo, l'illusione si fa tanto più debole quanto più l'oggetto occultante è vicino all'osservatore, come osservato per la prima volta da un allievo di Galileo Galilei, Benedetto Castelli (Ariotti P. 1973, "Benedetto Castelli and George Berkeley as Anticipators of Recent Findings on the Moon Illusion" *Journal of the History of the Behavioral Sciences*, 9, pp. 328-332).

L'illusione può essere invertita scambiando le posizioni della Luna all'orizzonte e allo zenit: la Luna che viene ora presentata allo zenit, assieme al terreno e dunque all'orizzonte, viene allora vista più grande.

A determinare la distanza apparente dell'orizzonte contribuiscono la tessitura del terreno o del mare e la presenza di oggetti. Se il terreno o il mare fossero perfettamente omogenei, l'orizzonte sembrerebbe più vicino. La nota illusione di Oppel-Kundt, illustrata nella figura in alto di pag. 24, è una dimostrazione di come gli spazi non omogenei si espan-

La parte in ombra della Luna è spesso debolmente visibile, e il disco a cui sembra appartenere la parte in ombra ha un diametro minore rispetto a quello a cui sembra appartenere la parte illuminata.

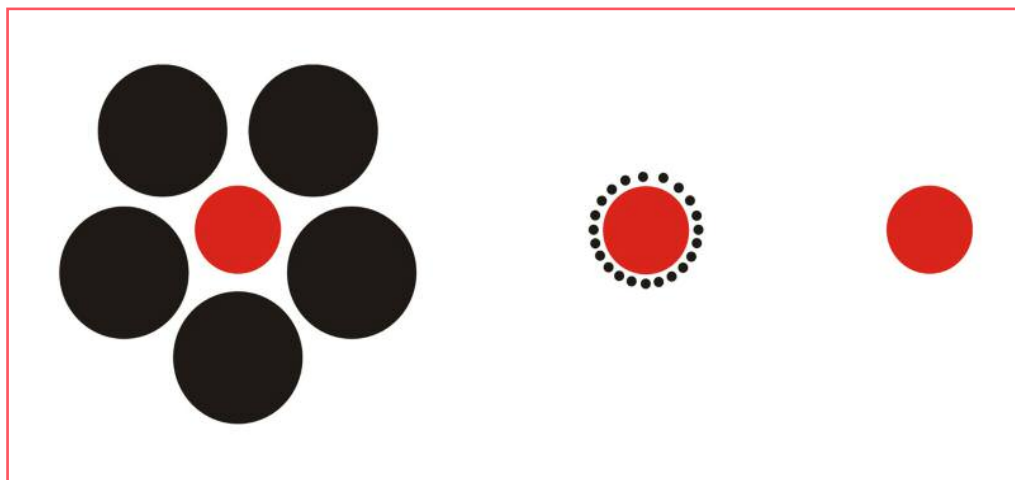


dano rispetto a quelli omogenei: lo spazio a destra sembra più stretto di quello a sinistra, pur essendo uguale ad esso.

L'angolo di visione

In genere, se la Luna si trova all'orizzonte noi la guardiamo con la testa e gli occhi dritti, mentre se è alta nel cielo la guardiamo sollevando la testa e/o ruotando gli occhi verso l'alto nelle orbite. È stato proposto in passato che tale fattore, cioè l'angolo di visione, sia il principale responsabile dell'illusione.

Questo fattore ha realmente un effetto, che è però, a quanto pare, di piccola entità. Sebbene i valori riportati in letteratura varino ampiamente, sembra che guardare verso l'alto provochi una dimi-



Illusione di Titchener: il disco rosso circondato da dischi grandi sembra più piccolo di quello circondato da dischi molto piccoli.

nuzione della grandezza percepita non superiore al 10%, troppo poco, naturalmente, per spiegare integralmente l'illusione della Luna.

Tuttavia, il lettore può controllare da sé se l'effetto è davvero così piccolo: provi a osservare la Luna all'orizzonte pun-

pare più lontano. Si è detto che la tessitura del terreno ha l'effetto di allontanare da noi l'orizzonte; la tessitura del cielo, visibile solo quando il cielo è almeno un po' nuvoloso, ha lo stesso effetto. Se ciò è vero, questo terzo fattore va ricondotto al primo.



26

Anche le costellazioni appaiono più grandi quando sono vicine all'orizzonte. Quella di Orione, ad esempio, quando sorge sembra molto più vasta di quando è allo zenit.

tando il volto verso terra, e sollevando gli occhi nelle orbite; oppure provi ad osservare la Luna quando è prossima alla zenit da posizione supina. Di quanto cambiano le sue dimensioni apparenti?

La nuvolosità

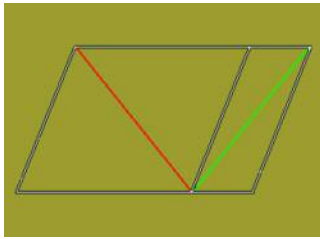
Come dimostrato da Rock e Kaufman, l'illusione è più forte quando il cielo è nuvoloso che non quando è sereno (52% vs 34%).

È probabile, però, che ciò si verifichi perché in quelle condizioni l'orizzonte ap-

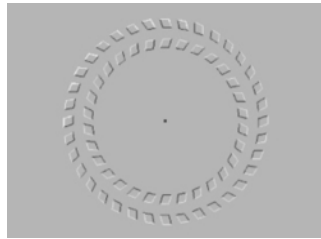
La grandezza relativa

La Luna all'orizzonte si trova spesso in vicinanza di oggetti relativamente piccoli, perché molto distanti. È stato proposto che essa appare grande perché è effettivamente grande *relativamente* a questi altri oggetti; la Luna alta nel cielo è invece isolata e la sua grandezza non può essere paragonata visivamente con quella di nessun altro oggetto di dimensioni apprezzabili. L'effetto della grandezza relativa è dimostrato ad esempio dall'illusione di Titchener, illustrata a pag. 25. (Per colle-

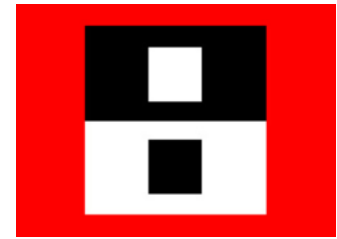
Illusioni visive tratte da www.ophtasurf.com
(per le risposte e altri simpatici esempi visitate il sito)



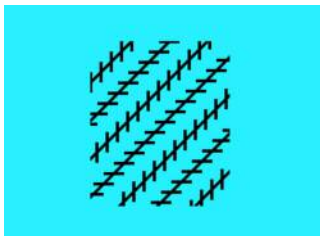
Rosso o verde? qual è il segmento più lungo?



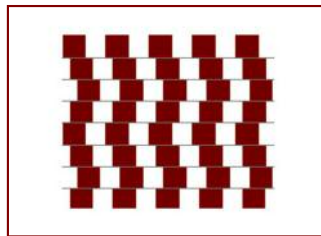
Fissando il centro, avvicinati e allontanati...



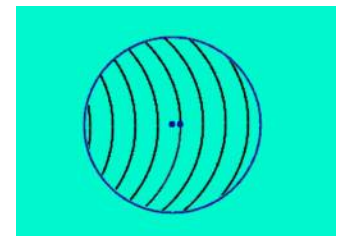
Bianco o nero? qual è il quadrato più grande?



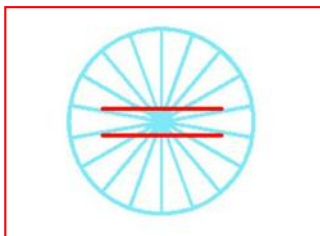
Le diagonali sono parallele oppure no?



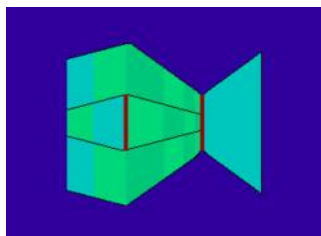
Le righe a scacchi sono parallele oppure no?



Quale dei due punti blu è il centro della figura?



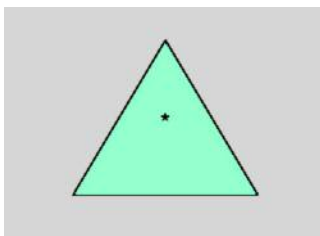
I segmenti rossi sono paralleli oppure no?



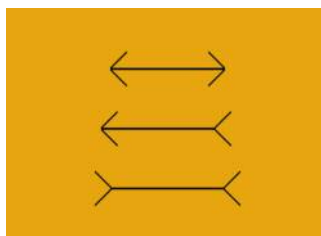
Quale dei due segmenti rossi è il più lungo?



Vibrazione di una figura piana immobile...



Il punto è più vicino al vertice o alla base?



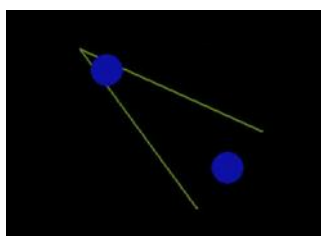
Quale dei tre segmenti è il più lungo?



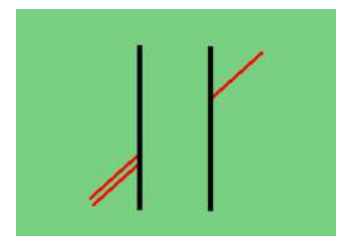
Il poligono centrale è un trapezio o un quadrato?



Rossa o verde? qual è la figura più piccola?



Uno dei due cerchi è più grande dell'altro?



Qual è la prosecuzione del segmento di destra?

zioni di illusioni di questo tipo si vedano www.illuweb.it/prosp/prosbina.htm e www.ophtasurf.com/en/illusionpage2.htm.) I tre dischi rossi sono identici, ma quello centrale appare più grande degli altri (soprattutto di quello a sinistra). Tuttavia, si è detto che una condizione ottima per l'illusione della Luna è la presenza di un orizzonte marino sgombro: ciò sembra escludere che la grandezza relativa sia un fattore fondamentale, perché in tali condizioni non vi sono in genere oggetti in prossimità della Luna. Inoltre, è noto almeno dall'Ottocento che l'illusione si riduce di molto se la scena viene invertita (ad esempio se l'osservatore si china e guarda all'indietro tra le proprie gambe): eppure, le grandezze relative rimangono identiche in tali condizioni.

Riassumendo, si ritiene che il fattore della grandezza relativa possa contribuire all'illusione, ma solo in alcune condizioni.

Luminanza, contrasto e colore

Quando è all'orizzonte, la Luna è mediamente meno luminosa e ha un contrasto con lo sfondo inferiore rispetto a quando è prossima allo zenit. Ciò si deve al fatto che la luce che giunge dalla Luna all'orizzonte attraversa uno strato più spesso di atmosfera, e l'atmosfera ha l'effetto di aumentare la luminanza degli oggetti scuri e di diminuire quella degli oggetti chiari, diminuendo dunque sia la luminanza della Luna che il suo contrasto col cielo. Possono luminanza e contrasto ridotti contribuire all'illusione? Il vescovo Berkeley, nel Settecento, pensava che si trattasse addirittura del fattore determinante (§69-71 di: Berkeley G. - 1709, *An essay towards a new theory of vision*. Dublino: Rhames and Papyat. Tr. it.: *Saggio su una nuova teoria della visione - Trattato sui principi della conoscenza umana*, Bompiani, 2004).

La scarsa evidenza sperimentale esistente, però, è negativa. Kaufman e Rock, ad esempio, trovarono che il contrasto con lo sfondo non influenza l'illusione. Inoltre, per quanto riguarda almeno le figure su carta o su monitor, la regola è che appaiano tanto *più piccole*, non più grandi,

quanto meno contrastano col proprio sfondo; inoltre, a parità di contrasto è la figura *più chiara* che appare più grande.

Anche alcuni fenomeni celesti depongono contro la rilevanza di luminanza e contrasto. Ad esempio, Tycho Brahe, nel Cinquecento, fece notare che la Luna sembra tanto *più grande* quanto più è luminosa e contrastante col cielo. Inoltre, quando la Luna non è piena, la sua parte in ombra è spesso debolmente visibile, e il disco a cui sembra appartenere la parte in ombra ha un diametro minore rispetto a quello a cui sembra appartenere la parte illuminata (la foto di pag. 25 rende l'idea).

Contrasto e luminanza non contribuiscono dunque, molto probabilmente, all'illusione, ma che dire del colore? La Luna è spesso rossiccia, quando è vicina all'orizzonte. Gli oggetti rossi sembrano forse più grandi? In laboratorio, in effetti, il colore rosso può determinare un incremento di grandezza del 3-6%; d'altro canto, un esperimento condotto da Kaufman e Rock con la loro macchina lunare sembra escludere qualsiasi influenza da parte del colore. Anche questo fattore, dunque, o non influenza l'illusione o la influenza solo in minima parte.

Riassumendo, il principale fattore determinante l'illusione sembra essere la presenza di un orizzonte visibile e lontano: quanto più l'orizzonte appare distante, tanto più la Luna che gli è prossima appare grande. Altri fattori di un qualche rilievo sono l'angolo di visione e, in certe condizioni, la grandezza relativa.

Come si spiega l'importanza di questi fattori, in modo particolare del primo? Di questo si parlerà nel prossimo numero.

Stefano Vezzani è stato ricercatore di psicologia presso l'Università di Milano-Bicocca, dove ha tenuto corsi di psicologia cognitiva. Ha pubblicato articoli di psicologia della percezione visiva su riviste scientifiche internazionali, e attualmente si occupa di divulgazione scientifica.