

L'illusione della Luna

SECONDA PARTE

29

Ian Parker - UCI

In questa seconda parte prenderemo in esame le due teorie più accreditate fra tutte quelle che tentano di spiegare il fenomeno dell'illusione della Luna. Ma dare una risposta definitiva non è affatto semplice...

L'illusione della Luna consiste nel fatto che la Luna appare molto più grande quando è in prossimità dell'orizzonte rispetto a quando è alta nel cielo.

Nell'articolo pubblicato sul numero precedente avevamo parlato dei fattori che influenzano l'illusione, ma non delle teorie che ambiscono a spiegarla. Lo facciamo ora.

Attualmente, vi sono solo due teorie in competizione fra loro, di cui la prima ha origini molto lontane nel tempo, mentre la seconda è relativamente recente.

Teoria 1: *l'illusione è dovuta all'applicazione inappropriata della costanza di grandezza.*

Secondo questa teoria la grandezza apparente della Luna è funzione della sua distanza apparente da noi: più essa sembra lontana e più sembra grande. La Luna ci sembra però più lontana quando ha una bassa elevazione rispetto a quando è alta nel cielo, ed è per questo che la vediamo più grande nel primo caso.

Come dimostra la figura qui sotto, gli spazi disomogenei sembrano più ampi di quelli omogenei ed è principalmente per questa ragione che la Luna ci pare più lontana quando è prossima all'orizzonte;



infatti, lo spazio che intercorre tra noi e l'orizzonte, riempito da oggetti e tessiture di ogni sorta, è in genere molto più disomogeneo di quello che intercorre tra noi e la Luna vicina allo zenit.

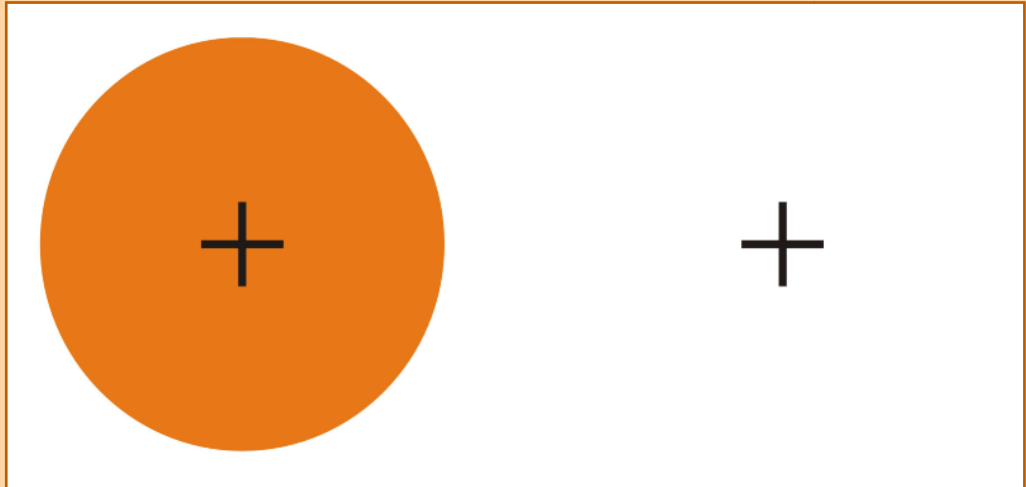
Questa teoria spiega perché l'illusione è

tanto più forte quanto più l'orizzonte sembra distante e quanto più esso e il terreno sono ben visibili. Come si è visto nel numero precedente, questo è il fattore più rilevante e, dice chi sostiene la teoria in questione, lo è perché la distanza apparente della Luna aumenta all'aumentare di quella dell'orizzonte, dal momento che la Luna, quando ha una bassa elevazione, viene vista alla stessa distanza dell'orizzonte o poco oltre.

Affermare che la Luna viene vista più grande perché viene vista più lontana sembra a prima vista in netto contrasto con la comune esperienza, e cioè col fatto che un oggetto sembra tanto più piccolo, non tanto più grande, quanto più è distante. Però, un oggetto sembra rimpicciolirsi quando si allontana da noi perché diminuisce la sua grandezza angolare; ma non è questo che succede nel caso della Luna, perché la Luna ha sempre la stessa grandezza angolare a qualsiasi distanza sembri trovarsi da noi. Alla Luna si applica dunque un altro caso, quello in cui due oggetti che si trovano a distanze diverse hanno le stesse dimensioni angolari, ovvero proiettano sulla retina immagini identiche. In questo caso l'oggetto che sembra più distante sembra anche più grande, e lo è real-

Lo spazio compreso fra le due barre verdi è uguale a quello occupato dalle barre rosse, ma sembra minore: è l'illusione di Oppel-Kundt.

Per meglio illustrare la teoria basata sulla costanza di grandezza, ripropiniamo questa figura, la cui utilità è spiegata nel testo.

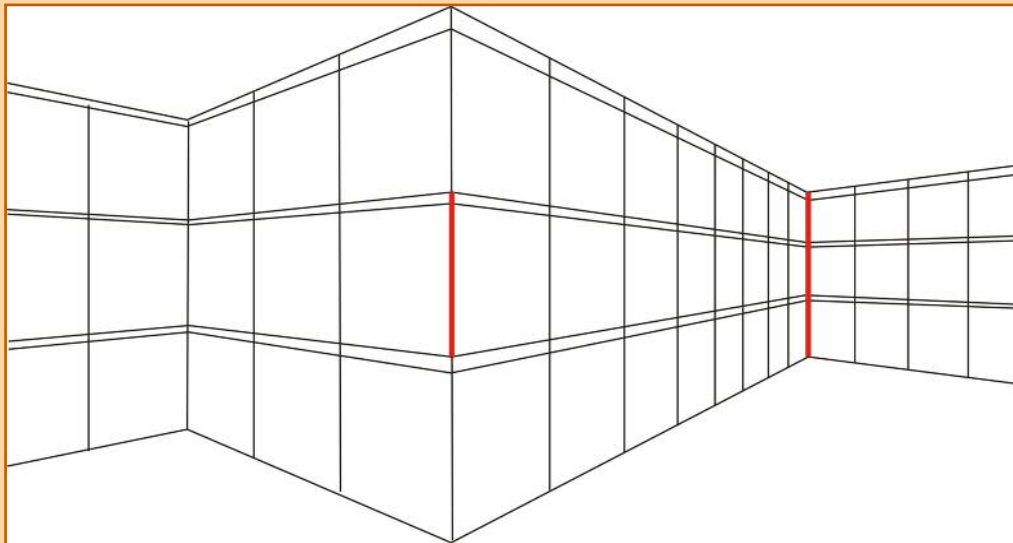


proprie dimensioni apparenti al variare (entro certi limiti) della loro distanza da noi. Ad esempio, una persona ci sembra solo un po' più piccola quando

si trova a 10 metri da noi rispetto a quando si trova a 5 metri; eppure, se la grandezza percepita fosse funzione esclusivamente della grandezza angolare, la persona dovrebbe sembrarci alta esattamente la metà. Non è così, e ciò perché, in qualche modo ancora ignoto, il nostro cervello "calcola" la grandezza percepita di un oggetto tenendo conto della distanza alla quale quell'oggetto sembra trovarsi. La relazione tra grandezza angolare, grandezza percepita e distanza percepita è più o meno la seguente:

$$\text{grandezza percepita} = \text{grandezza angolare} \times \text{distanza percepita}.$$

Quando la persona si allontana, la sua grandezza angolare si dimezza, ma la sua distanza percepita raddoppia, per cui il prodotto di questi due fattori, cioè la grandezza percepita, rimane costante. Quando invece, come nel caso della Luna, la grandezza angolare è costante, è evidente che all'aumentare della distanza percepita deve aumentare la grandezza percepita; quindi la Luna deve sembrare tanto più grande quanto



Una versione della famosa illusione di Müller-Lyer: per quanto possa sembrare incredibile, le due linee rosse sono identiche e le loro estremità sono perfettamente allineate.

più sembra distante, e visto che sembra più distante quando è all'orizzonte deve sembrare anche più grande in questa posizione. Ciò è appunto quanto si verifica, per cui l'illusione della Luna si direbbe spiegata.

È semplice sperimentare di persona la costanza di grandezza. Si fissi per mezzo

immagine consecutiva, secondo chi sostiene la teoria di cui stiamo parlando. Del resto, si ricorderà forse dal numero precedente che uno dei metodi utilizzati per lo studio dell'illusione della Luna consiste proprio nel formare un'immagine consecutiva "proiettandola" poi in varie posizioni nel cielo.

Le quattro persone sono identiche, ma ciascuna di esse sembra tanto più grande quanto più sembra distante.

minuto la croce di sinistra della già nota figura di pag. 31, spostando poi lo sguardo sulla croce di destra: si vedrà un disco illusorio azzurro (si tratta di un'immagine consecutiva negativa, fenomeno di cui si è già parlato sul numero precedente). Ci si allontani poi dalla pagina, continuando a fissare la croce di destra: si noterà che il disco illusorio si espanderà in modo impressionante, tanto più quanto più la pagina sarà lontana. Se poi si sposterà lo sguardo su una parete distante un paio di metri, l'espansione sarà ancora maggiore.

Ecco come viene in genere spiegato questo fenomeno. Quando ci si allontana dalla pagina, anche l'immagine consecutiva sembra allontanarsi, perché continua ad essere vista sulla pagina; poiché viene correttamente vista più lontana, e poiché le sue dimensioni angolari rimangono costanti, la sua grandezza percepita deve necessariamente aumentare, se vale l'equazione riportata qui sopra, e infatti aumenta.

La Luna si comporta proprio come l'im-



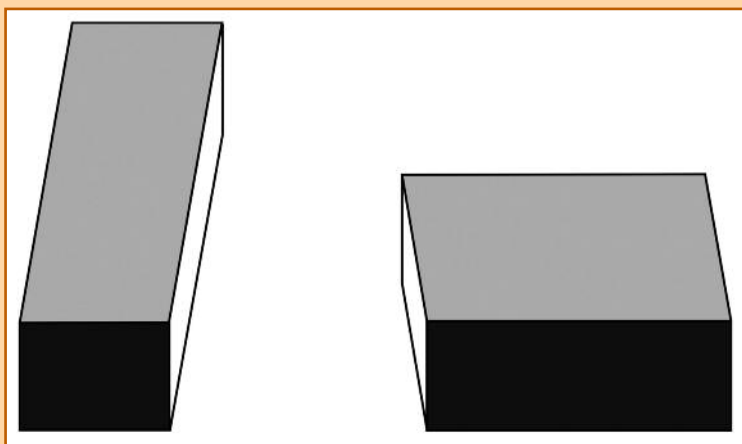
Non sarà male illustrare ulteriormente la potenza della costanza di grandezza, perché è un fenomeno di cui ben pochi si rendono conto. Date un'occhiata alla figura in basso di pag. 31: le due linee rosse sono identiche, e le loro estremità sono allineate, però si stenta a crederlo, infatti la linea di destra sembra molto più lunga. Essa sembra però anche molto più distante ed è molto probabile che sia vista più lunga proprio per questa ragione (costanza di grandezza).

L'illusione "del corridoio", di cui mostriamo una versione qui sopra, può essere spiegata allo stesso modo: le quattro persone sono tra loro identiche, anche se proprio non si direbbe. Infatti, ciascuna di esse sembra tanto più grande quanto più sembra distante.

Potete trovare una versione "manipolabile" dell'illusione del corridoio presso

questo sito: [Perspective Illusion](#). Un'altra illusione impressionante causata probabilmente dalla costanza di grandezza (o meglio, in questo caso, dalla costanza di forma) è l'[illusione di Shepard](#) (qui sotto). Le spiegazioni basate sulla costanza di grandezza, però, si imbattono in una grave difficoltà, il paradosso grandez-

z-
 zze dimensioni angolari, si direbbe proprio che se l'oggetto più vicino viene visto correttamente come più piccolo ciò debba necessariamente avvenire perché esso è visto anche come più vicino; si verifica, invece, il contrario. Si noti che se l'oggetto più piccolo viene giudicato più lontano è proprio perché è più pic-



Le due aree grigie sono identiche, cioè sovrapponibili. Per convincersene veramente è necessario stampare la figura, ritagliare le due aree e sovrapporle.

colo: a parità di tutti gli altri fattori, infatti, la regola è che di due oggetti viene visto più lontano il più piccolo. Quindi,

uno dei due oggetti viene giudicato più piccolo perché più vicino, e poi giudicato più lontano perché più piccolo! In questo consiste il paradosso grandezza/distanza.

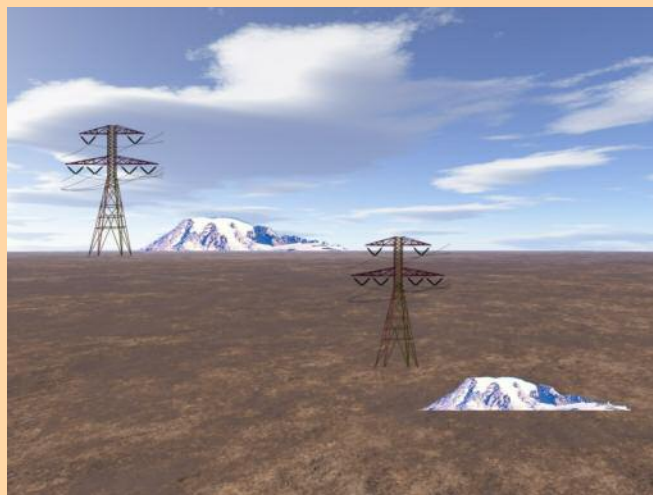
Nel caso dell'illusione della Luna sembra verificarsi lo stesso paradosso: la Luna sembra più grande all'orizzonte perché sembra più distante, ma poi viene vista più vicina perché sembra più grande! Come si spiega tutto ciò?

I vari tentativi di salvare la teoria in questione condividono quest'idea di fondo: la Luna all'orizzonte (a) viene percepita più lontana, per cui (b) viene percepita più grande, per cui (c) viene giudicata più vicina. Insomma: i soggetti la percepirebbero più lontana, ma la giudicherebbero più vicina in seguito ad un ragionamento più o meno cosciente. Di conseguenza, le loro risposte alla domanda "la Luna ti sembra più lontana o più vicina quando è all'orizzonte" non confuterebbero la teoria basata sulla costanza di grandezza perché sarebbero il frutto di un ragionamento, non di quanto essi realmente vedono.

za/distanza: è proprio vero che la Luna sembra più lontana quando è all'orizzonte? Si direbbe, purtroppo, di no: la maggior parte delle persone, infatti, se interrogata in proposito, dice proprio l'opposto, dice cioè che essa sembra più vicina.

Questo fatto è stato ed è considerato da molti una confutazione della spiegazione basata sulla costanza di grandezza. Le cose non sono però così semplici, e non lo sono perché esiste il cosiddetto paradosso grandezza/distanza. Supponiamo che una persona si trovi di fronte due oggetti, posti a distanze diverse, identici per dimensioni angolari ma diversi per dimensioni lineari, e che debba dire quale di essi gli sembra più grande e quale più distante. Se gli indizi di distanza sono molto limitati, ovvero se si usano oggetti privi di tessitura su uno sfondo perfettamente omogeneo, si trova sperimentalmente che l'oggetto più piccolo e più vicino viene giudicato sì più piccolo (correttamente) ma anche più distante (erroneamente). Questo è un paradosso: visto che i due oggetti hanno le

I due oggetti in basso sono identici a quelli in alto, anche se sembrano molto più piccoli. Ancora una volta sembra più grande quel che sembra più lontano.



Tuttavia, molti studiosi sono scettici nei confronti di argomenti di questo tipo, e insistono nel dire che la Luna all'orizzonte è non solo giudicata, ma anche percepita più vicina. Il paradosso grandezza-distanza è la ragione principale per cui si sono cercate spiegazioni alternative a quella basata sulla costanza di grandezza. Consideriamo ora la principale tra queste alternative.

Teoria 2: *l'illusione è dovuta alla micropsia da convergenza/accomodazione.* La seconda teoria attribuisce l'illusione alla cosiddetta micropsia da convergenza/accomodazione, causata dal fatto che, quando si guarda la Luna allo zenit, l'accomodazione, la convergenza e il diametro pupillare assumono valori approp-

priati per distanze ravvicinate. Questa teoria è preferita da alcuni alla precedente soprattutto perché ha il grande pregio non di risolvere, ma piuttosto di dissolvere il paradosso grandezza/distanza.

Si illustrerà qui brevemente solo la più semplice tra le diverse varianti di questa teoria; chi vuole approfondire può farlo visitando il sito [The Moon Illusion Explained](#).

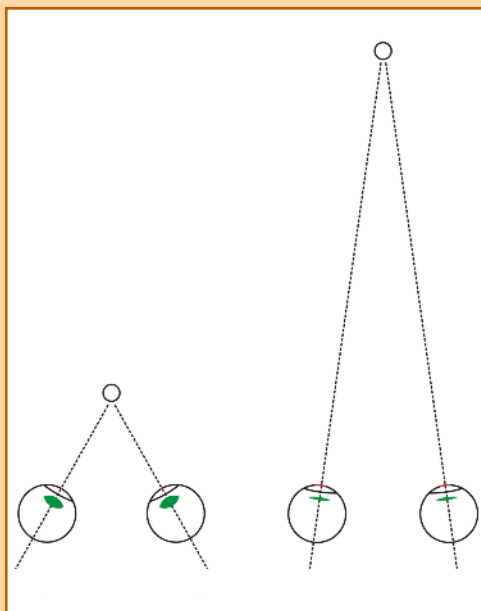
L'accomodazione è il meccanismo di "messa a fuoco" dell'occhio. Essa consiste nel fatto che il cristallino, una lente convergente interna all'occhio, cambia di spessore a seconda della distanza a cui si trova l'oggetto che guardiamo: si ispessisce per oggetti vicini e si assottiglia per oggetti lontani.

La convergenza consiste nel fatto che quando fissiamo un oggetto i nostri occhi ruotano nelle orbite in modo tale da convergere su di esso. Più l'oggetto è vicino e più almeno uno dei due occhi deve ruotare (vedi figura a lato).

Il diametro pupillare dipende, tra gli altri fattori, dalla distanza dell'oggetto che si guarda; più l'oggetto è vicino e più il diametro pupillare si riduce.

Accomodazione, convergenza e diametro pupillare tendono fortemente a variare assieme, per cui si parla talvolta di *triade per vicino*. La figura a lato illustra come i tre fattori variano al variare della di-

Quando fissiamo un oggetto vicino gli occhi convergono, il cristallino (in verde) si ispessisce e la pupilla (in rosso) si contrae. Quando fissiamo un oggetto lontano avviene l'opposto.



stanza dell'oggetto fissato. La pupilla è indicata in rosso, il cristallino in verde. Inoltre, e questo è molto importante, in presenza di un campo visivo omogeneo, ad esempio al buio completo, sia accomodazione che convergenza sono per una distanza di 1-2 metri, con ampie variazioni individuali. In altre parole, lo stato di riposo di convergenza e accomodazione è per questa distanza. Ma cos'è la micropsia da convergenza/accomodazione? Essa consiste nel fatto che gli oggetti ci sembrano più piccoli, anche di molto, quando accomodiamo e convergiamo gli occhi per vicino; questo vale per tutti gli oggetti nel campo visivo, non solo per quello che stiamo fissando.

Potete sperimentare di persona la micropsia con la cosiddetta manovra di Hering: chiudete un occhio, e stendete completamente il braccio alzando il pollice, tenendo sullo sfondo del dito una finestra, o una porta, distante circa 3 metri. Fissate la punta del dito, ma prestate attenzione alle dimensioni apparenti della finestra. Avvicinate gradualmente a voi il pollice, continuando a fissarlo: la finestra sembrerà restringersi. Si badi, però: per notare l'effetto è necessario sforzarsi di considerare la finestra e ciò che si trova tra i suoi margini come un'immagine, come un quadro.

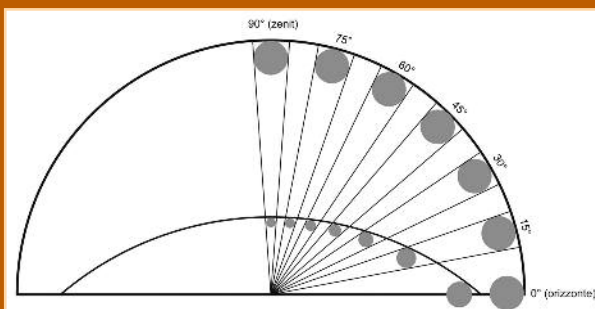
La manovra di Hering può essere provata anche con la Luna o col Sole al tra-

La teoria di Alhazen

Il primo scienziato a sostenere che quando è all'orizzonte la Luna sembra più grande perché sembra più lontana fu l'arabo Ibn Al-Haytham (Alhazen), vissuto tra il decimo e l'undicesimo secolo. Secondo Alhazen, la Luna sembra "incollata" alla volta celeste, e la percepiamo più vicina (e dunque più grande) quando è alta nel cielo perché la volta celeste ci sembra *ribassata al centro*.

Nel 1738 Robert Smith illustrò questa teoria con la figura qui riportata. L'arco più esterno rappresenta l'orbita lunare, e quello più interno la volta del cielo: la proiezione della Luna su questa volta mostra che, se noi percepiamo appunto tale proiezione, la Luna non può che sembrare più piccola, quando si trova in prossimità dello zenit.

Sempre Robert Smith pensò bene di dimostrare questa teoria chiedendo alle persone di stendere un braccio e di indicare con un dito il punto di mezzo tra l'orizzonte e lo zenit. Fatelo anche voi, e poi misurate l'inclinazione reale del braccio: constaterete sicuramente di aver indicato una posizione molto più vicina all'orizzonte che allo zenit; un errore superiore ai 10° è normale! Questo fenomeno, per ragioni geometriche, corrobora la teoria di Alhazen e Smith. Un'altra versione dell'esperimento di Smith consiste nel guardare la Luna o il Sole stimandone l'elevazione e controllando poi l'elevazione reale. Anche in questo caso l'errore non dovrebbe essere molto inferiore ai 10°. Si noti che nelle foto quest'illusione non si verifica, e, visto che anche l'illusione della Luna scompare nelle foto, questa è un'altra ragione per sospettare che tra i due fenomeni vi sia effettivamente un legame.



Questa figura (Smith, 1738) illustra la teoria di Alhazen, che spiega l'illusione della Luna col fatto che il cielo ci sembra una volta ribassata al centro.



36

In condizioni naturali di osservazione, il Sole vi sembrerebbe molto più alto sull'orizzonte che in questa immagine.

monto: basta porre il pollice in prossimità dell'oggetto celeste ed effettuare la manovra.

Anche il diametro pupillare determina micropsia, probabilmente per i suoi effetti su accomodazione e convergenza. Create una pupilla artificiale praticando un foro di spillo in un foglio di carta opaca, e osservate la Luna attraverso di essa. Consterete una forte illusione: la Luna vi sembrerà molto più piccola, di circa il 50%, sia quando è prossima all'orizzonte che quando è alta nel cielo. L'effetto venne notato già da Leonardo. Ma come può tutto ciò spiegare l'illusione della Luna? Ad esempio, nel modo seguente.

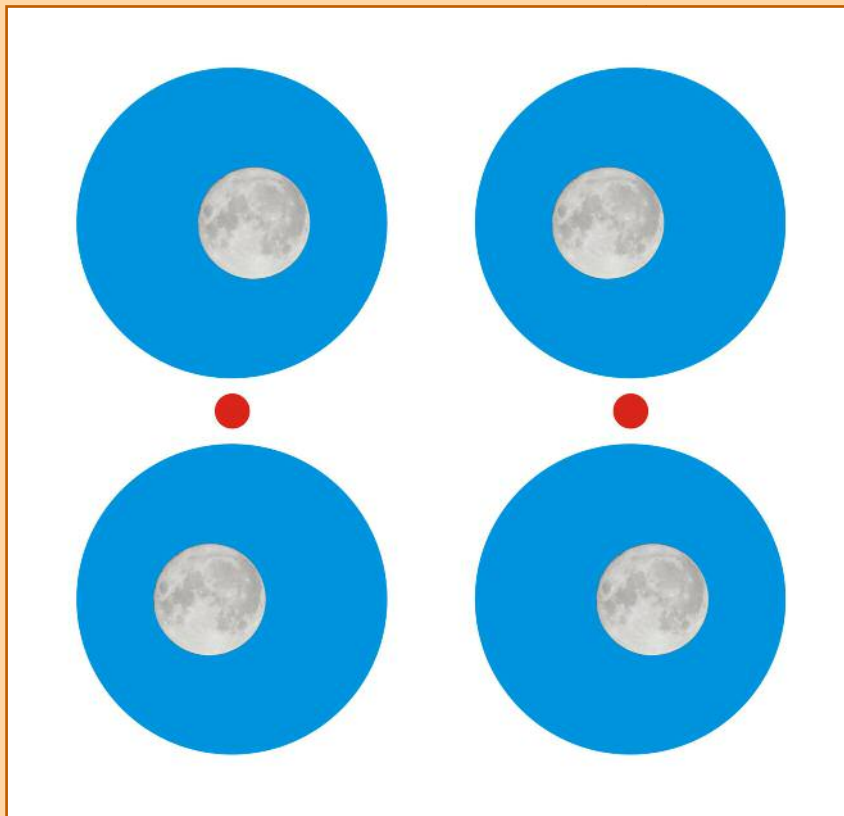
Il cielo che circonda la Luna alta nel cielo è, mediamente, molto più omogeneo del contesto in cui la Luna viene a trovarsi quando è all'orizzonte, e ciò è particolarmente vero quando il cielo è sereno. Di conseguenza, quando la Luna è alta nel cielo accomodazione e convergenza tenderanno verso il loro stato di riposo, e saranno dunque relativamente *per vicino*. Ma si è detto che accomodazione e

convergenza per vicino causano micropsia, ed è proprio per questo che la Luna ci sembra più piccola quando è alta nel cielo.

Questa teoria è supportata da diversi fatti. Roscoe trovò, che, effettivamente, i suoi soggetti accomodavano per una distanza più ravvicinata quando guardavano una Luna molto elevata che non una Luna prossima all'orizzonte (Roscoe, S. N. 1989, *The zoom-lens hypothesis*. In: M. Hershenson (a cura di), *The Moon Illusion*, pp. 31-57, Hillsdale, NJ: L. Erlbaum. La validità dei risultati di Roscoe è però messa in dubbio da Kaufman e Rock, nell'articolo citato alla nota 21). Un altro fatto che fa sospettare che il sistema oculomotorio svolga un ruolo importante è che l'illusione è più debole, anche di molto, se la Luna viene osservata con un solo occhio (a patto però che essa non sia stata prima osservata con entrambi gli occhi).

Come si è anticipato, questa seconda teoria dissolve il paradosso grandezza/distanza. Lo dissolve perché chiama in causa una sola distanza, quella perce-

Potete imparare [qui](#) come fondere questi due stereogrammi. Se riuscirete a fonderli convergendo gli occhi, la Luna superiore vi sembrerà più vicina di quella inferiore. In quanto più vicina, essa vi sembrerà anche un po' più piccola.



37

pita, anziché due. Lo scatenamento della triade per vicino avrebbe infatti un effetto diretto sulle dimensioni apparenti della Luna, senza implicare un calcolo della distanza; tali dimensioni apparenti farebbero poi sì che la Luna venga vista più vicina quando è all'orizzonte. Non vi è dunque spazio, in questa teoria, per una distanza giudicata, il che dissolve il paradosso in questione. Dal canto loro, i principali sostenitori della prima teoria, cioè Kaufman e Rock, non negano che accomodazione e convergenza svolgano un ruolo, ma ritengono che lo svolgano in quanto indizi di distanza. È infatti assodato che il cervello calcola la distanza degli oggetti servendosi, tra gli altri indizi, anche di accomodazione e convergenza. Per Kaufman e Rock, accomodazione e convergenza segnalano che la Luna all'orizzonte è più distante, e ciò contribuisce a far sì che essa sembri più grande. Naturalmente, se si accetta questa interpretazione il paradosso grandezza/distanza permane, perché rimangono due distanze in gioco, cioè quella percepita e quella prima giudicata e poi riferita dai soggetti.

Concludendo, non si è ancora trovato un accordo su come spiegare l'illusione della Luna, malgrado si tratti di un fenomeno noto e studiato da millenni. Ciò contrasta con quanto si conclude nella maggior parte dei lavori divulgativi sull'argomento, ovvero che una spiegazione condivisa è stata in realtà trovata, e che tale spiegazione consiste nella

prima delle due teorie qui esposte; l'autore di questo articolo ritiene però che questa conclusione sia giustificata non certo da dati di fatto, ma soltanto dalla lunga tradizione che sta dietro alla teoria basata sulla costanza di grandezza, ed al prestigio, peraltro giustificato, di cui godono gli esponenti contemporanei di tale tradizione.

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.