

Il movimento

1. Moto fisico e movimento fenomenico

Nei capitoli precedenti abbiamo cercato di capire come avvenga che il campo visivo si segmenti negli oggetti tridimensionali che constatiamo intorno a noi. Abbiamo poi tentato di individuare le condizioni per cui tali oggetti rimangono identici a se stessi e tendono ad apparire relativamente costanti per grandezza, forma e colore.

Per giustificare questa analisi abbiamo dovuto preliminarmente convincerci che l'articolazione in unità discrete, la tridimensionalità, l'indentità, la costanza degli attributi cromatici, dimensionali e di forma — pur essendo dati di fatto di immediata esperienza da cui è assente ogni impressione di elaborazione soggettiva — non si spieghino semplicisticamente rimandando alla esistenza nella realtà fisica proprio di quegli oggetti, dotati proprio di quelle caratteristiche.

In una situazione analoga ci troviamo di fronte al fatto che gli oggetti del nostro mondo fenomenico possono essere immobili o muoversi più o meno velocemente nelle più svariate direzioni. Poiché i movimenti percepiti corrispondono di norma abbastanza bene agli spostamenti che sappiamo esser realmente compiuti dagli oggetti fisici, non è facile vedere cosa ci sia da capire in un fatto così ovvio. Ancora una volta per il senso comune la spiegazione è scontata: «Gli oggetti inanimati e gli esseri viventi o stanno fermi o si muovono, perché spinti o trascinati da forze esterne o a loro interne. I nostri occhi non fanno altro che registrare questi mutamenti, perciò noi vediamo movimento *perché* c'è qualcosa che si muove».

E ancora una volta questa apparente ovvietà ci costringe — per mettere in evidenza il carattere problematico dell'esperienza di movimento — a ricorrere a situazioni «paradossali»,

cioè a situazioni nelle quali si può «toccar con mano» che il movimento percepito non corrisponde affatto al movimento fisico reale.

Vi è anzitutto un limite alla corrispondenza tra movimento percepito e movimento reale, costituito dalla sensibilità dell'occhio alla velocità con cui si verificano i mutamenti nell'ambiente. Non è possibile vedere il crescere di una pianta, il moto di un corpo celeste o quello della lancetta che segna i minuti sul nostro orologio. Possiamo bensì constatare che dopo un giorno la pianta si è allungata di qualche millimetro, che la luna si trova nel cielo in un posto diverso da quello in cui era un'ora prima, che dopo cinque minuti la lancetta occupa una nuova posizione sul quadrante. In base a queste constatazioni inferiamo che quegli oggetti fisici devono essersi mossi. Il fatto che la lancetta occupa in tempi diversi due diverse posizioni ci informa che essa ha compiuto un movimento, anche se fissandola continuamente non l'abbiamo mai vista muoversi. Ma un ragionamento non è una percezione e dobbiamo concludere che, per dar luogo ad una vera percezione di movimento, la velocità di uno spostamento obbiettivo deve superare un valore di soglia minimo. Esiste anche una soglia superiore. Se si fa ruotare lentamente un disco a settori bianchi e neri, si vedrà in un primo tempo un movimento all'incirca corrispondente a quello reale. Aumentando gradualmente la velocità di rotazione si possono osservare varie fasi fenomeniche, nessuna delle quali corrisponde al vero movimento. Dapprima si assiste ad una moltiplicazione dei settori ruotanti, quindi subentra lo stadio del *flicker*, cioè la superficie del disco non gira più, ma diventa sede di una incessante vibrazione di macchie luminose, infine, quando la velocità supera i 60 giri al secondo e si raggiunge la cosiddetta «frequenza di fusione», spariscono movimento e vibrazione; ciò che si vede è un disco grigio perfettamente immobile. È un esperimento molto semplice e facile da eseguire, ma non mancano nella vita quotidiana occasioni per controllare in condizioni «naturali» il fenomeno. Basta osservare come appaiono i raggi della ruota di una bicicletta, l'elica di un aereo o le pale di un ventilatore mentre aumenta la loro velocità di rotazione. Si possono constatare anche qui le stesse fasi: in principio una moltiplicazione degli elementi in moto, poi la comparsa di un velo stazionario percorso da una continua vibrazione luminosa, infine lo stadio della perfetta immobilità fenomenica.

Nei casi ora esaminati, movimenti reali non danno luogo a impressioni di movimento a causa dei limiti posti dalla sensibilità del nostro apparato visivo. Ma non è difficile dimostrare che, anche per i movimenti reali che si svolgono a velocità comprese tra le due soglie sensoriali, non sempre c'è corrispondenza tra lo stato cinetico dei corpi fisici e percezione di movimento o di immobilità.

Se si fa ruotare una configurazione come quella di figura 1.176 intorno ad un perno coincidente con il centro del semidisco, si vede muoversi soltanto il rettangolo nero sopra un disco grigio immobile (figura 1.177). Il rettangolo, girando, lascia vedere parti sempre diverse del disco che vengono ciclicamente scoperte e ricoperte. Ecco dunque un caso in cui viene a mancare in modo vistoso la corrispondenza tra ciò che si vede e ciò che avviene fisicamente: ad una realtà fisica di movimento (il semidisco gira solidalmente con il rettangolo) corrisponde una realtà fenomenica di immobilità.

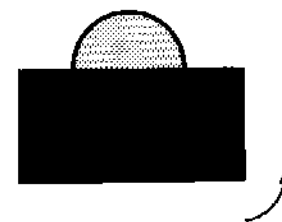


FIG. 1.176. Fisicamente: la configurazione ruota solidalmente su un perno situato a metà del lato superiore del rettangolo [Metelli 1940]

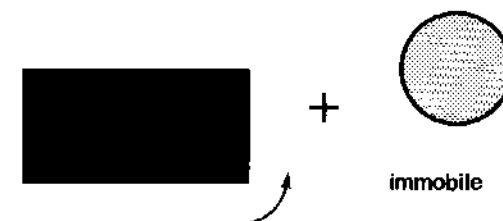


FIG. 1.177. Fenomenicamente: si muove soltanto il rettangolo nero sopra un disco grigio in «quiete apparente» [Metelli 1940]

Nel capitolo quarto, trattando delle condizioni che determinano l'instaurarsi e la conservazione dell'identità fenomenica, abbiamo già visto che si può verificare anche il caso inverso di un movimento fenomenico in assenza di un movimento fisico (figura 1.115). Prendiamo ora la situazione illustrata nella figura 1.178 in cui i due effetti si verificano contemporaneamente. Sia *A* un disco di cartone rosso e *B* un disco bianco di diametro leggermente maggiore recante un foro circolare non coincidente con il centro geometrico di *B*. Se si sovrappone *B* ad *A* si ottiene *C*, cioè un disco bianco con un dischetto rosso in posizione eccentrica. Il disco bianco può esser fatto ruotare mediante un perno al quale è fissato e che attraversa il disco rosso tenuto perfettamente immobile. Il risultato fenomenico a cui si assiste, ponendo in moto *B*, è coercitivamente il contrario di quanto avviene a livello fisico: si vede il dischetto rosso muoversi lungo una traiettoria circolare scivolando sopra il disco bianco assolutamente immobile. Non si tratta di un fenomeno incerto o instabile: esso è di assoluta evidenza, non influenzabile dalla volontà di vedere il contrario e del tutto impermeabile alla piena conoscenza del funzionamento del dispositivo e quindi della reale situazione cinematica. Anche in questo caso dunque non si verifica la supposta corrispondenza tra movimento percepito e moto fisico: infatti *si muove fenomenicamente ciò che fisicamente sta fermo e appare immobile ciò che nella realtà fisica si muove*.

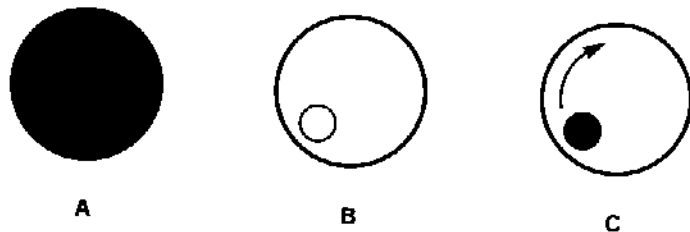


FIG. 1.178. Inversione fenomenica dei ruoli cinetici

Passiamo ad un altro esempio altrettanto significativo a questo proposito. In un ambiente buio si abbia un rettangolo luminoso e al suo interno un punto anch'esso luminoso (figura 1.179). Se si fa spostare lentamente il rettangolo, mantenendo fermo il punto, si ottiene nuovamente sul piano fenomenico un totale rovesciamento del rapporto immobilità-movimento: si vede il punto muoversi nella direzione opposta a quella del moto reale del rettangolo. Quest'ultimo appare invece del tutto immobile.

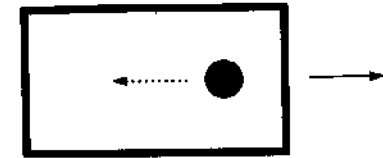


FIG. 1.179. Movimento indotto [Duncker 1929]. La freccia a tratto continuo indica la direzione del moto fisico; la freccia punteggiata indica il movimento fenomenico

Si potrebbe obiettare che, come al solito, abbiamo fatto ricorso a situazioni artificiali, a mere curiosità «da laboratorio» che poco o nulla avrebbero a che fare con la vita percettiva di ogni giorno, dove la corrispondenza tra movimenti veduti e moti delle cose è la norma. E guai se non fosse così! E noi non vogliamo certo sostenere il contrario, vogliamo però capire *come*, in base a quali regole, la corrispondenza si verifica. Gli esempi paradossali hanno soltanto lo scopo di dimostrare che l'affermazione: «Vedo movimento perché qualcosa si muove» non è ancora una spiegazione sufficiente, dato che una buona teoria deve potere spiegare anche quelle che possono apparire le sue «eccezioni».

Comunque non mancano nella vita percettiva di ogni giorno casi in cui si verificano spontaneamente movimenti apparenti di oggetti obiettivamente immobili. Abbiamo già accennato nelle prime pagine di questo libro alla impressione, rara ma non tanto eccezionale se ciascuno di noi l'ha sperimentata almeno una volta, che il proprio treno si metta in movimento quando invece a partire è il treno del binario accanto. Questo avviene quando si è seduti vicino al finestrino, mentre

se si guarda dal fondo dello scompartimento può avvenire il contrario: si può cioè avere l'impressione che il treno accanto, parzialmente visibile nel riquadro del finestrino, parta nella direzione opposta a quella nella quale si sta effettivamente muovendo il nostro treno. Già Lucrezio nel *De rerum natura* aveva segnalato un caso simile di discrepanza tra moto fisico e movimento fenomenico: «La nave che ci porta avanza pur sembrando immobile; quella che resta all'ancora sembra spostarsi» [IV, 388-89].

Un altro esperimento «naturale» che chiunque può facilmente procurarsi: se dal pilone di un ponte piuttosto lungo si guarda in basso la corrente del fiume, in modo da escludere dal campo visivo le rive e il paesaggio, si può avere dopo qualche istante l'impressione nettissima che il pilone avanzi come la prua di una nave, solcando le acque del fiume che appare ora essere un lago o il mare. Ed anche a questo proposito una precisa osservazione di Lucrezio: «Il nostro cavallo si è arrestato in mezzo a un fiume; fissiamo gli occhi sulle rapide onde: benché immobile, il corpo del cavallo sembra trascinato da una forza impetuosa che lo porta contro corrente» [*De rerum natura*, IV, 420-423].

Un movimento indotto, non raro da osservare in condizioni naturali, è quello della luna che corre velocemente attraverso gli squarci di un banco di nuvole che si spostano nella direzione opposta. Un fenomeno di questo tipo, «illusorio» nel senso che nell'esperienza visiva le parti si scambiano il loro reale ruolo cinetico, era stato notato da Dante guardando passare le nubi stando ai piedi della minore delle due torri bolognesi dalla parte dov'essa pende:

Qual pare a riguardar la Garisenda
sotto 'l chinato quando un nuvol vada
sovr'essa sì, che ella incontro penda
[*Inferno*, XXXI]

Da quanto precede, ci sembra di poter quindi trarre una prima conclusione: il moto reale di un oggetto non è una condizione necessaria né una condizione sufficiente del movimento fenomenico. D'altra parte, una impressione di movimento, per quanto evidente e coercitiva essa possa essere, non è una garanzia che qualcosa si stia effettivamente muovendo nell'ambiente fisico. Evidentemente il semplice rimando al mondo fisico non è la strada giusta per individuare le vere cause del movimento fenomenico: esse vanno ricercate in condizioni della

stimolazione e in principi di funzionamento del sistema visivo che dobbiamo ancora determinare.

Ma mettiamo per il momento da parte i casi paradossali, che ci sono serviti soprattutto per tentare di incrinare la sicura fiducia del realismo ingenuo nella corrispondenza biunivoca tra moto reale e movimento fenomenico — anche se abbiamo qualche dubbio che questo tentativo abbia molto successo. Passiamo alle situazioni più normali in cui il movimento veduto corrisponde effettivamente al moto di un oggetto dell'ambiente fisico. Anche qui ci attendono delle sorprese se analizziamo le cose un po' più a fondo.

2. Movimenti percepiti non corrispondenti ai movimenti reali

Se si fa ruotare lentamente (circa 3 giri al minuto) una forma trapezoidale come quella rappresentata nella figura 1.180, la maggior parte degli osservatori non vede il reale movimento rotatorio. Si vede invece una finestra rettangolare oscillare sul proprio asse mediano alternativamente da destra a sinistra e viceversa per un'ampiezza di 90° - 180° . L'oscillazione avviene in modo che il lato maggiore del trapezio rimane sempre davanti rispetto al lato minore che oscilla nella parte più lontana dell'osservatore. Il fenomeno è di una evidenza impres-

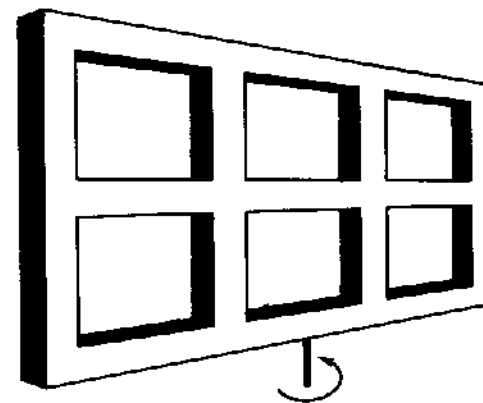


FIG. 1.180. Il trapezio ruotante [Ames 1951]

sionante, tanto che è difficile per chi guarda convincersi che l'oggetto non si muova davvero in quel modo. Solo avvicinandosi molto al dispositivo, l'oscillazione si trasforma di colpo in rotazione, ma questa constatazione non è sufficiente a impedire che, se ci si allontana di nuovo, la finestra ricominci bellamente le sue oscillazioni. In questo caso dunque il movimento veduto è bensì provocato da un moto reale, ma la forma dell'uno è notevolmente diversa da quella dell'altro: ad un moto continuo unidirezionale si sostituisce un movimento che periodicamente inverte la propria direzione; una rotazione si trasforma in una oscillazione.

A molti sarà noto il fenomeno che si può osservare facendo ruotare intorno al proprio centro una spirale a passo costante (figura 1.181). Anche qui si assiste ad una dissociazione tra direzione vissuta e direzione effettiva del moto. Al posto di un movimento rotatorio, corrispondente a quello reale, si vede la spirale espandersi in tutte le direzioni, un movimento che manca di una contropartita fisica. Se la spirale viene fatta ruotare in direzione opposta, il movimento percepito è una continua contrazione verso il centro.



FIG. 1.181 Spirale di Archimede

Una dimostrazione spettacolare di non corrispondenza tra tipo di movimento percepito e moto reale ci è data dai fenomeni stereocinetici. Sono effetti che si ottengono facendo girare lentamente (8-20 giri al minuto) in un campo omogeneo cerchi

o ellissi intorno al proprio centro o intorno ad un centro esterno alle figure stesse. Questo si può ottenere sia proiettando le figure in movimento su uno schermo, sia producendo elettronicamente tali immagini in movimento su uno schermo televisivo. Musatti [1924], che ha studiato questi fenomeni in un'epoca in cui non erano ancora state sviluppate queste tecniche di produzione degli stimoli, più semplicemente faceva ruotare, in poca luce davanti ad un ampio sfondo nero, dei dischi neri sui quali erano disegnate in bianco o con vernice fosforescente le figure curvilinee.

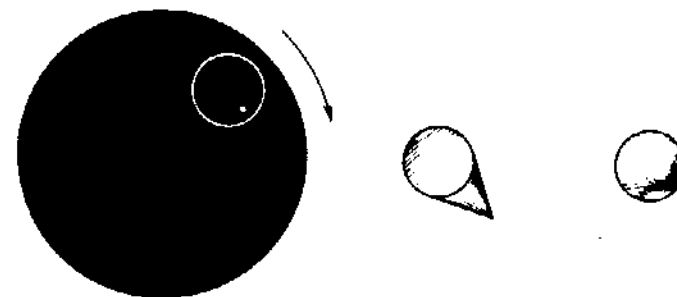


FIG. 1.182. Fenomeno stereocinetico [Musatti 1924]

Delle numerose situazioni studiate da Musatti descriviamo cosa avviene quando sul disco nero in rotazione è disegnato in bianco un cerchio, all'interno del quale si trova un punto in posizione eccentrica (figura 1.182). Il fenomeno attraversa tipicamente due fasi. In un primo tempo il cerchio gira intorno al centro del disco mantenendosi stabilmente orientato: esso cioè non volge sempre la stessa parte verso il centro del disco, come avviene nella realtà, ma volge sempre la stessa parte verso una determinata direzione assoluta dello spazio, ad esempio verso l'alto. Nello stesso tempo si vede il punto girare all'interno del cerchio, esso appare cioè del tutto scollegato dal cerchio e in movimento relativo rispetto ad esso. Ben presto si produce la trasformazione stereocinetica. Il punto si stacca dal piano del disco e si sposta in avanti verso l'osservatore oppure all'indietro, via dall'osservatore. Diventa allora solidale col cerchio ed appare, nel primo caso, come il vertice di un piccolo cono di cui il cerchio costituisce la base. Si vede questo cono, col ver-

tice rivolto verso chi guarda e con l'asse leggermente inclinato, librarsi nello spazio ed effettuare, oscillando lievemente, la sua rivoluzione attorno al centro del disco. Nel secondo caso si ha l'impressione di un cono cavo veduto dalla parte della base, una specie di *imbuto* che compie movimenti analoghi a quelli del cono. In ambedue i casi lo spostamento del punto nello spazio tridimensionale ha come conseguenza la scomparsa del movimento relativo: punto e cerchio vengono a far parte di un unico corpo solido.

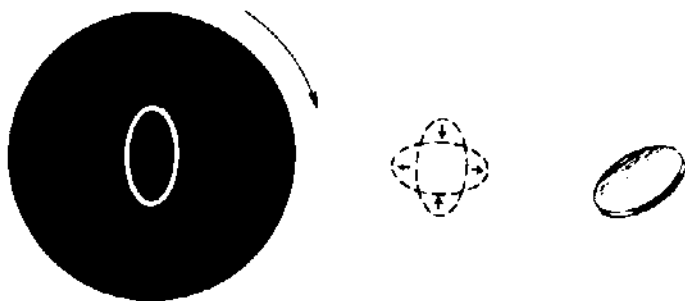


FIG. 1.183. Fenomeno stereocinetico [Musatti 1924]

Altrettanto inaspettato e bello a vedersi è quanto succede quando il disco ruotante porta una ellisse con il proprio centro coincidente con il centro del disco stesso (figura 1.183). Dopo una prima fase, durante la quale l'ellisse ruota intorno a se stessa in conformità al suo moto reale, si produce una prima trasformazione: l'ellisse non ruota più ma diventa un *anello elastico* che si deforma in continuazione pur mantenendosi stabilmente orientato. A questo punto si produce in genere la trasformazione stereocinetica: la figura si stacca dal piano del disco e sembra librarsi nello spazio, cessa dall'apparire in continua deformazione e diventa un *dischetto rigido* che, imperniato sul proprio centro, oscilla in modo da presentare sempre la stessa faccia obliqua all'osservatore.

Deve essere chiaro comunque che, sia la deformazione dell'ellisse, sia il movimento relativo del punto rispetto al cerchio, sia i movimenti dei corpi rigidi nella fase stereocinetica avvengono tutti soltanto a *livello fenomenico*. Essi rappresentano pertanto — insieme all'oscillazione del «trapezio ruotante»

ed alla espansione-contrazione della spirale — altrettante smentite della supposta corrispondenza tra il tipo di movimenti percepiti e quello dei movimenti reali.

Ci rendiamo conto che anche queste smentite hanno il difetto di essere fondate su fenomeni eccezionali, ottenibili solo in particolari condizioni artificiali. Rivolgiamoci perciò di nuovo alla concreta vita percettiva di ogni giorno dove predominano gli eventi dinamici, mentre le scene completamente statiche sono una rarità. Vedremo la profonda discrepanza, constatata negli effetti speciali ora descritti, riapparire non meno radicale dove meno ce l'aspettiamo. E finiremo con lo scoprire che, lungi dal costituire una stranezza, una tale discrepanza caratterizza tutte le nostre percezioni di movimento.

Nulla di più comune e nulla di apparentemente più semplice che vedere, nel nostro mondo popolato da veicoli di ogni tipo, una ruota che rotola su un piano. Nessuno certo ha difficoltà a descrivere quello che vede in questi casi: la ruota compie un movimento di avanzamento sul piano d'appoggio e contemporaneamente tutte le sue parti compiono una rivoluzione intorno all'asse della ruota stessa. Siamo assolutamente sicuri che in questo modo non stiamo parlando di una nostra impressione, ma che stiamo descrivendo ciò che sta effettivamente avvenendo di fronte a noi.

In realtà un unico punto della ruota, il suo centro, percorre una traiettoria «fisica» corrispondente alla sua traiettoria fenomenica. Tutte le altre parti compiono movimenti diversi da quelli veduti, nessuna delle loro traiettorie è circolare. Ma il nostro occhio non è in grado di *vedere* la vera forma di uno di questi movimenti reali. Per riuscire a vederla è necessario isolare quella singola parte da tutte le altre, come hanno fatto per primi Rubin [1927] e Duncker [1929]. Ciò si può ottenere in modo semplice fissando una piccola lampadina o un dischetto fosforescente in una posizione qualsiasi di una ruota che viene poi fatta rotolare al buio lungo un piano.

Se la lampadina è situata alla periferia della ruota, la si vedrà, non senza meraviglia, compiere una traiettoria come quella di figura 1.185, una curva composta da una serie di archi che i matematici chiamano una *cicloide*. Se il punto luminoso è situato invece in una posizione tra la periferia e il centro, la sua traiettoria sarà simile a quella di figura 1.186, chiamata cicloide prolata.

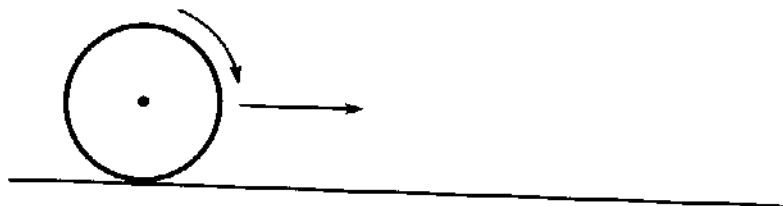


FIG. 1.184. Traiettorie fenomeniche dei punti di una ruota che rotola sul piano



FIG. 1.185. Traiettoria reale di un punto situato alla periferia della ruota (cicloide)

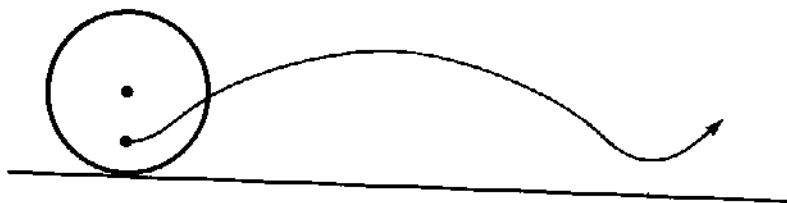


FIG. 1.186. Traiettoria descritta da un punto interno della ruota (cicloide prolata)

La verità è che possiamo determinare soltanto mediante un calcolo matematico i percorsi delle varie parti o evidenziarli per mezzo di accorgimenti sperimentali come quello ora descritto. Ma quando la ruota è interamente visibile nessuno riesce a vedere la famiglia di curve cicloidali tutte diverse che ciascun punto descrive rispetto al terreno. Il movimento veduto è una esperienza talmente coercitiva che non siamo mai sfiorati dal dubbio che non stiamo vedendo il vero movimento.

Ma la ruota non è un caso speciale: la stessa straordinaria discrepanza tra aspetti della realtà fenomenica e aspetti della realtà fisica si ritrova se — quando un qualsiasi oggetto compie un moto di una certa complessità — si confronta il movimento percepito con le traiettorie attraversate effettivamente dalle sue parti nell'ambiente in cui l'oggetto stesso si muove. Vediamo la mano di un amico, che ci saluta agitando il braccio, muoversi dall'alto in basso e viceversa, sia che egli stia affacciato alla finestra di casa, sia che si sporga da un'automobile che ci passa davanti. Siamo forse in grado di vedere la forma della complicata curva descritta dalla sua mano nel secondo caso? Per poterla vedere bisognerebbe ricorrere ad un accorgimento simile a quello adottato da Rubin per evidenziare la cicloide: agitare nel buio più completo la mano recante al dito un anello con un castoreo luminoso.

Ma si pensi, da questo punto di vista, ad un tuffatore che esegue una «figura» durante il salto, ad un fantino che monta un cavallo al galoppo, allo sventolio di una bandiera portata in un corteo, ai gesti di un seminatore, al battito delle ali di un gabbiano in volo ed alle innumerevoli situazioni cinctiche di ogni giorno nelle quali un corpo è sottoposto all'azione simultanea di forze con vettori diversi. Una riflessione di questo genere rimarrà assolutamente inefficace sul piano fenomenico, non riuscirà a modificare per nulla i movimenti veduti, ma dovrebbe forse convincerci che è proprio la corrispondenza tra movimento veduto e moto fisico ad essere un caso straordinario, che si verifica soltanto quando esiste un unico moto rispetto ad un unico sistema di riferimento. In tutti gli altri casi, e sono certamente la maggioranza, la forma assunta dal movimento è un fatto solo in apparenza ovvio, che richiede ancora una spiegazione.

Per questa ragione abbiamo finora sempre evitato di adoperare la parola «illusione» anche nei casi per i quali — come per il trapezio ruotante, per la spirale di Archimede o per i fenomeni stereocinetici — questo termine viene comunemente usato. Se si chiamano illusioni tutti i fenomeni che non riproducono fedelmente le caratteristiche della realtà fisica, si è costretti all'assurda ma consequenziale conclusione che devono essere considerate illusorie la maggior parte delle nostre impressioni di movimento. Ma che senso avrebbe chiamare illusorio il rotolare di una ruota o lo sventolio di una bandiera?

3. L'informazione nella stimolazione prossimale

Se dunque non c'è un nesso causale diretto tra l'esistenza di moti degli oggetti fisici ed il verificarsi di movimenti nel campo fenomenico, in quale direzione conviene cercare una spiegazione meno ingenua? L'ipotesi più naturale è che la causa si trovi in qualche caratteristica della stimolazione prossimale. In altre parole, la percezione del movimento sarebbe prodotta dagli spostamenti sulla retina delle immagini che su di essa proiettano gli oggetti del mondo fisico. È una supposizione plausibile, dato che tutte le informazioni che il sistema visivo riceve dall'ambiente devono essere in qualche modo contenute in quelle immagini. Ma è un'ipotesi che deve essere meglio specificata poiché è facile dimostrare che un semplice spostamento dell'immagine sulla retina non è ancora, in quanto tale, una condizione sufficiente perché si veda un oggetto in movimento.

In primo luogo sappiamo che gli occhi non sono in realtà mai completamente fermi. Anche quando tentiamo di immobilizzarli fissando un punto, essi compiono continui spostamenti di aggiustamento, un tremore fisiologico chiamato *nistagmo*, che non ha però alcuna conseguenza sulla immobilità fenomenica del punto fissato. Esperimenti eseguiti con speciali dispositivi costituiti da un sistema di specchi permettono di far cadere le immagini degli oggetti sempre sulle stesse posizioni della retina, quali che siano i movimenti dell'occhio. In queste condizioni di effettiva e perfetta stabilità delle immagini, dopo pochi secondi esse diventano dapprima confuse e alla fine svaniscono del tutto. Ma se la cosiddetta «stabilizzazione» delle immagini ha come conseguenza il progressivo annullamento della stessa possibilità di vedere, si deve ritenere che continui spostamenti dell'immagine sulla retina non solo non imperdiscono la visione di una scena statica ma ne costituiscono addirittura una imprescindibile condizione. Lo stesso discorso vale per i cosiddetti movimenti *saccadici*. Quando esploriamo con la vista un ambiente o durante la lettura, i nostri occhi non si spostano in genere gradualmente con moto continuo da un punto all'altro dello spazio o da una parola all'altra, ma procedono a rapidi balzi (circa 5-6 «saccadi» per riga) per effetto dei quali le immagini dell'ambiente o della pagina slittano in modo discontinuo sulla retina. Ma tutti questi spostamenti non si tra-

ducono in altrettanti movimenti fenomenici degli oggetti nell'ambiente o delle parole nella riga.

Ma anche prescindendo da questi movimenti involontari o inavvertiti, basta riflettere al fatto che ad ogni movimento volontario degli occhi o della testa dell'osservatore, o di tutto il suo corpo durante la locomozione, corrisponde uno spostamento in direzione opposta dell'intera immagine sulla retina. Eppure questi scorrimenti dell'immagine lasciano l'ambiente fenomenico del tutto stazionario: l'osservatore percepisce in questo caso il proprio spostamento o quello dei suoi occhi.

Benché queste considerazioni abbiano un loro indubbio peso, sembra d'altra parte improbabile che quanto avviene nell'immagine retinica non abbia nulla a che fare con la percezione del movimento. Infatti gli oggetti esterni non entrano direttamente nei nostri occhi per poter essere veduti e perciò tutte le informazioni sulle loro proprietà visibili (grandezza, forma, colore, ecc.) devono essere in qualche modo contenute nella stimolazione prossimale. Sarebbe ben strano che non vi fosse contenuta anche l'informazione relativa a quella fondamentale proprietà che è il loro stato cinetico.

4. Il movimento indotto

È a questo punto che si devono introdurre ulteriori specificazioni. Oltre ai moti che avvengono a velocità sub- o sopraliminari e non producono impressioni di movimento, ed oltre agli scorrimenti in toto rispetto alla retina — che non sono in genere correlati con la percezione di movimento dell'ambiente — esistono spostamenti tra le parti *all'interno delle immagini*. Infatti, quando un oggetto passa davanti all'occhio fermo (ed è visto in movimento) la sua immagine muta continuamente la propria posizione rispetto alle immagini proiettate contemporaneamente dagli altri oggetti. Analoghi spostamenti relativi avvengono quando l'occhio segue un oggetto in moto (che anche in questo caso è veduto in movimento). Queste *modificazioni dei rapporti spaziali fra parti dell'immagine* sembrano essere le condizioni efficienti che danno origine alla percezione del movimento.

Se su uno sfondo omogeneo si fa spostare un punto, ad una velocità obbiettiva vicina alla soglia inferiore di discriminabilità

del movimento, esso appare immobile. Se ora si introduce nelle sue vicinanze un altro punto obiettivamente immobile, si percepisce un movimento. Rimane indeterminato cosa si sta muovendo: può esser visto muoversi il punto effettivamente in moto o quello immobile, oppure possono esser visti ambedue i punti avvicinarsi l'uno all'altro. Ciò dimostra che la modificazione di distanza tra due elementi dell'immagine abbassa la soglia di sensibilità al movimento ed è quindi un importante fattore della sua percezione, ma dimostra anche che essa non è di per sé sufficiente a determinare in modo stabile il *portatore* del movimento stesso.

Questa indeterminatezza si ha però soltanto nelle condizioni speciali che abbiamo scelto: sfondo totalmente omogeneo e velocità di spostamento molto ridotte. In condizioni di osservazione normali, una modificazione di distanza all'interno dell'immagine non dà risultati così incerti: ciascun oggetto interessato alla modificazione assume fenomenicamente un ben determinato stato cinetico: si muove ad una certa velocità oppure sta fermo.

Perché dovremmo considerare problematico un risultato fenomenico di questo genere dato che normalmente esso corrisponde alla realtà di fatto? Teniamo presente che un mutamento della distanza tra due oggetti può essere raggiunto da un numero indefinito di combinazioni di movimenti eseguiti dai due oggetti e che in fisica, a seconda del sistema di riferimento arbitrariamente scelto, si possono dare di questo semplice evento descrizioni matematiche altrettanto numerose, tutte ugualmente valide. La domanda che dobbiamo porci è allora: perché fenomenicamente si realizza proprio quella ripartizione di movimenti, perché il sistema visivo sceglie di norma una e una sola delle infinite soluzioni possibili?

Non è possibile dare una risposta a questi interrogativi partendo «dal basso», prendendo cioè in considerazione soltanto la modificazione di distanza tra gli elementi nella stimolazione prossimale. Oltre a questa condizione — che è in grado di generare una percezione di movimento — deve essere attivo qualche altro fattore che decide della *ripartizione* dello stato cinetico tra gli oggetti interessati alla modificazione di distanza e in particolare della ripartizione del movimento e della immobilità, quest'ultima essendo un caso speciale di stato cinetico, di movimento nullo. A livello fenomenico quella ripartizione av-

viene automaticamente e quasi sempre in modo coercitivo. Anche con la migliore volontà non siamo normalmente in grado di realizzare un'altra ripartizione, tanto che siamo convinti che essa sia l'unica possibile. Dimentichiamo facilmente, o non sappiamo, che l'esperienza percettiva si fonda su una informazione fondamentalmente *plurivoca* passibile di una molteplicità di descrizioni. Ciò che percepiamo ha invece il carattere della certezza, non porta traccia dell'ambiguità su cui è fondata. Questo carattere di certezza è il terreno in cui affonda la radice tenace del realismo ingenuo.

Torniamo ai movimenti dei due punti osservati al buio. Un mezzo per eliminare l'incertezza è la fissazione; tende a muoversi il punto fissato dallo sguardo e la fissazione di una zona a metà tra i due punti favorisce il movimento simmetrico di ambedue. L'indeterminatezza cessa anche se, invece di un secondo punto, si aggiunge un rettangolo immobile, in modo che includa come una cornice il punto che si muove. Ora, in conformità alla situazione reale, si vede in movimento soltanto il punto. Ma non si deve credere che ciò sia dovuto al fatto che esso si muove obiettivamente: infatti, se si mantiene fermo il punto e si fa muovere lentamente il rettangolo, è sempre il punto a muoversi fenomenicamente mentre il rettangolo, che ora si sposta obiettivamente, continua ad essere visto immobile (vedi figura 1.179).

Ecco dunque trovato un fattore che rende stabile la ripartizione tra quiete e movimento fenomenico nel campo visivo in presenza di una modificazione della distanza tra due elementi del campo stesso. In questo caso particolare il fattore sembra essere il rapporto di inclusione: l'oggetto incluso si muove in relazione all'oggetto che lo circonda. Ma, più in generale, secondo Duncker [1929] che ha analizzato a fondo questi fenomeni di movimento indotto, tende a rimanere fenomenicamente immobile la parte che, già in condizioni statiche, funge da *schema di riferimento* nei confronti dell'oggetto subordinato che, a prescindere dal suo reale stato cinetico, diventa il portatore del movimento. Anche gli effetti della fissazione possono essere ricondotti a quelli della inclusione. La fissazione, isolando uno dei due punti, gli conferisce carattere di «figura», mentre l'altro punto, visto perifericamente, viene a far parte dello sfondo, cioè dello schema di riferimento in rapporto al quale il primo si muove.

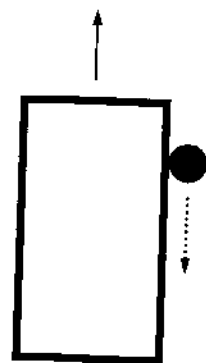


FIG. 1.187. È visto in movimento l'oggetto più piccolo [Oppenheimer 1934]

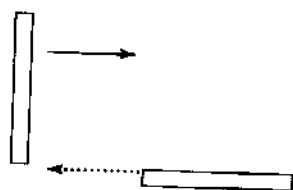


FIG. 1.188. È vista in movimento la figura orizzontale [Oppenheimer 1934]

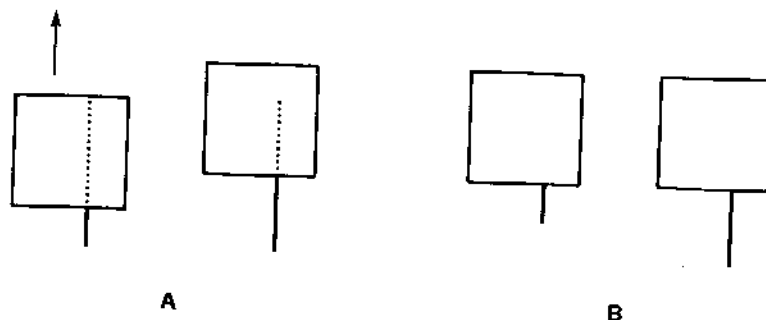


FIG. 1.189. A: la situazione cinematica fisica. Il quadrato si sposta verso l'alto, scoprendo progressivamente la striscia immobile.

B: il rendimento fenomenico. La striscia verticale si allunga dal quadrato immobile [Oppenheimer 1934]

Altre condizioni che decidono quale dei due oggetti fenomenici assumerà il ruolo di schema di riferimento e tenderà quindi ad apparire in quiete sono state individuate da E. Oppenheimer [1934]. A parità delle altre condizioni, tende a fungere da schema di riferimento immobile, rispetto al quale si muove l'altro oggetto (anche se obiettivamente fermo), l'oggetto di dimensioni maggiori (figura 1.187), l'oggetto con l'asse maggiore disposto sulla verticale fenomenica rispetto a quello orizzontale (figura 1.188), l'oggetto di forma e grandezza costanti rispetto ad uno che si deforma o muta di grandezza (figura 1.189).

Ancora una volta troviamo che il sistema visivo non risponde agli «elementi» sensoriali, ma è sensibile ai loro aspetti relazionali. Abbiamo già visto nei capitoli precedenti che ciò vale per la percezione della forma, della chiarezza, della tridimensionalità in condizioni statiche. E vale ancora di più in condizioni dinamiche. Non è un caso che il concetto di *gestalt* sia nato a proposito di configurazioni temporali (la melodia di V. Ehrenfels) o spazio-temporali (il movimento stroboscopico di Wertheimer). Infatti è soprattutto nello studio del movimento che un approccio a partire dal movimento degli elementi, senza tener conto della loro interazione, si dimostra particolarmente infruttuoso e porta ben presto a inestricabili complicazioni.

Alla luce di questi fatti il fenomeno della luna che naviga tra le nubi perde il suo aspetto misterioso. Esso non è che un caso particolare di una legge generale: il banco di nubi più esteso e circondante, diventa lo schema di riferimento e il movimento relativo viene assunto in proprio dall'oggetto più piccolo e incluso, la luna. L'aspetto curioso del fenomeno dipende solo dalla rarità con cui si realizzano le condizioni adatte e dalla consapevolezza che ciò che si vede contraddice alla situazione di fatto.

5. La cinestesia visiva

Anche il corpo dell'osservatore è un oggetto visivo tra gli altri e come tale sottoposto alle stesse regole che governano la distribuzione dello stato di quiete e di movimento fenomenici tra le parti tra cui si verificano spostamenti relativi nella stimo-

lazione prossimale. Per questa ragione lo scorrimento dell'intera immagine durante la locomozione dà luogo ad un ambiente stazionario nel quale si muove l'osservatore come entro il proprio schema di riferimento. Ciò non desta alcuna meraviglia, non costituisce un problema per nessuno, perché quanto avviene a livello fenomenico coincide esattamente con quanto avviene «nella realtà»: è proprio l'osservatore che cammina o è trasportato da un veicolo, e lui lo sa.

Ma se è vero che la ripartizione fenomenica della quiete e del movimento non dipende da questa corrispondenza, ma dalle regole secondo le quali il sistema visivo decodifica le informazioni contenute nella stimolazione prossimale, dovremmo aspettarci lo stesso risultato anche quando lo scorrimento dell'immagine è prodotto da *reali* movimenti di tutto l'ambiente rispetto ad un osservatore immobile. Ed è quanto di fatto avviene. Se si fa sedere l'osservatore all'interno di un grande cilindro con le pareti dipinte a strisce verticali, egli avrà dopo qualche secondo l'irresistibile impressione di star girando nella direzione opposta a quella in cui si sta muovendo il cilindro (figura 1.190).

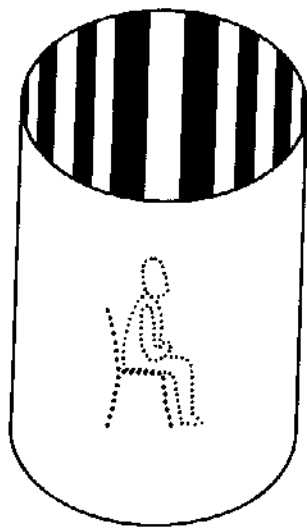


FIG. 1.190. Tamburo di Mach

Questo esperimento, compiuto la prima volta da Mach, dimostra che non è la consapevolezza che stiamo effettivamente spostandoci attivamente o passivamente in un ambiente stazionario la causa principale che ci fa vedere immobile l'ambiente. In modo molto più decisivo questo risultato è determinato dai fattori che, in presenza di spostamenti relativi tra elementi all'interno dell'immagine, regolano la ripartizione della quiete e del movimento in funzione del rapporto di inclusione fenomenica. Proprio come avviene quando la corrente del fiume si immobilizza perché diviene schema di riferimento includente e il suo movimento si trasferisce all'oggetto visivamente incluso, al pilone del ponte. O come quando il treno in partenza dal binario accanto rimane fermo e trasmette a noi il suo movimento (ricordiamo che questo fenomeno si verifica se si è seduti molto vicino al finestrino in modo che il campo visivo è occupato quasi per intero dal treno in movimento reale).

Anche se nella quasi totalità dei casi vi è corrispondenza tra i movimenti vissuti e le effettive condizioni cinetiche, se cioè la percezione è normalmente «veridica», continua ad essere vero che non è la corrispondenza in quanto tale ad essere la causa di quella ripartizione. Altrimenti il caso del treno o quello del pilone sarebbero davvero degli enigmi, veri e proprio «inganni» dei sensi, mentre più semplicemente sono soltanto casi di percezione non veridica, pienamente comprensibili come risultati per nulla «anormali» del regolare funzionamento, in condizioni inconsuete, dei nostri meccanismi percettivi.

L'esperimento del cilindro ruotante dimostra anche un'altra cosa. Tutte le informazioni cinestesiche, specie quelle provenienti dall'apparato vestibolare dell'orecchio interno, segnalano all'osservatore che il suo corpo non si sta muovendo; eppure l'impressione di movimento è nettissima. Ciò dimostra che le informazioni fornite dal sistema visivo hanno il sopravvento su quelle provenienti da altri canali sensoriali. Sono prevalentemente le continue trasformazioni dell'immagine visiva a dirigere in ogni istante le nostre azioni informandoci sulla nostra posizione rispetto agli altri oggetti, sulla direzione e sulla velocità dei nostri movimenti in mezzo ad essi. Si tratta, secondo una felice espressione di Gibson, di una vera e propria «cinestesia visiva» che rende possibile la precisione e la sicurezza con cui ci spostiamo nell'ambiente anche alla guida di veicoli molto veloci come l'automobile o l'aereo.

6. La prospettiva di movimento

Gibson [1950] ha sviluppato le osservazioni di Duncker, descrivendo accuratamente le trasformazioni subite dal flusso ottico proveniente dall'ambiente durante i vari tipi di movimento dell'osservatore. Sono trasformazioni che sono descrivibili in base ai principi della geometria proiettiva applicati alla prospettiva centrale (cioè della struttura assunta dalle proiezioni ottiche che attraversano la pupilla e il punto nodale della lente dell'occhio). Se viaggiamo in un'automobile aperta, con lo

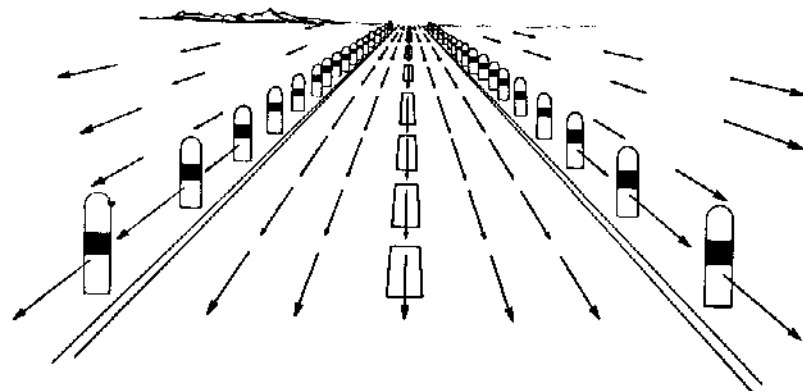


FIG. 1.191. Prospettiva di movimento. La lunghezza delle frecce indica la diversa velocità del flusso delle varie parti del campo [Gibson 1950]

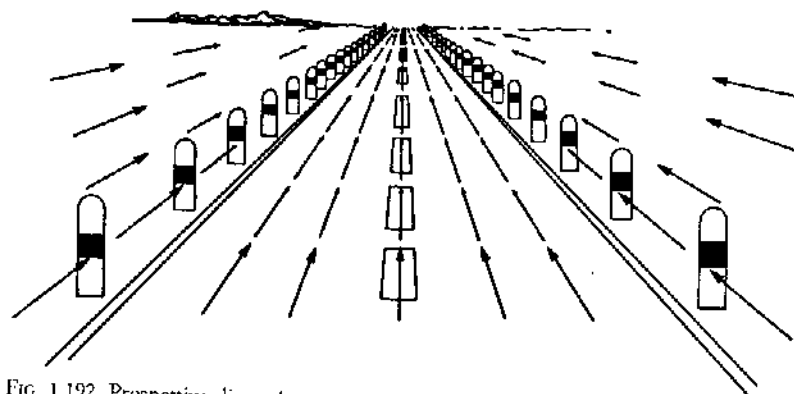


FIG. 1.192. Prospettiva di movimento per chi guarda nella direzione opposta al senso di marcia [Gibson 1950]

sguardo rivolto all'orizzonte, l'unico punto che rimane immobile nell'immagine retinica è quello fissato, le proiezioni di tutte le altre parti del terreno «scorrono» con un flusso continuo a una velocità che aumenta gradualmente a partire dall'orizzonte verso la zona dell'immagine corrispondente al terreno davanti alle ruote (figura 1.191). Se guardiamo la strada all'indietro, nella direzione opposta a quella percorsa dall'automobile, il flusso del terreno nell'immagine cambia direzione e scorre ad una velocità che decresce regolarmente verso l'orizzonte (figura 1.192). Se volgiamo lo sguardo verso un lato, il flusso a cui è

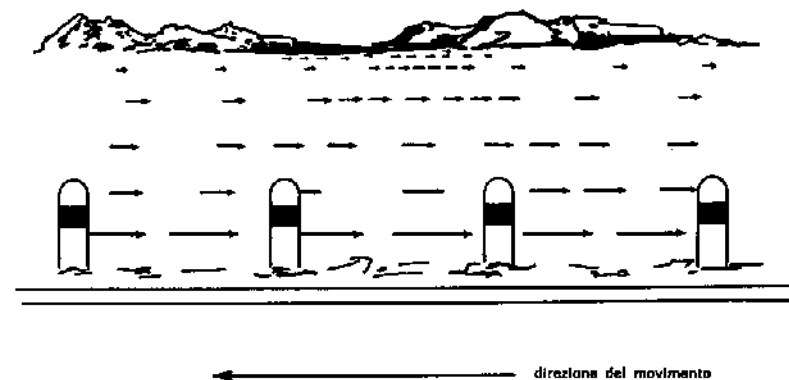


FIG. 1.193. Gradiente del flusso per chi guarda in direzione perpendicolare al senso di marcia [Gibson 1950]

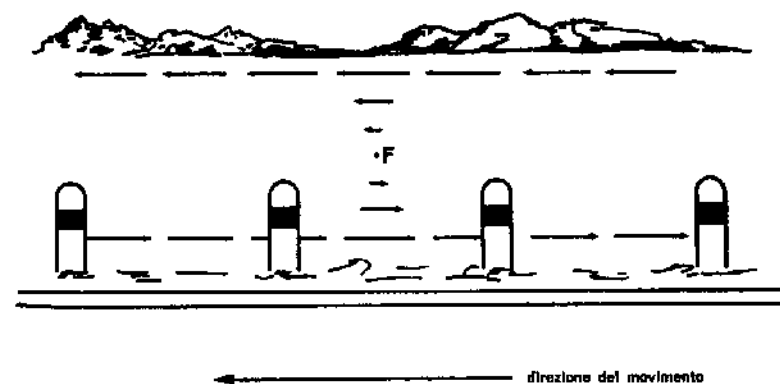


FIG. 1.194. Gradiente del flusso per chi fissa il punto F [Gibson 1950]

sottoposta l'immagine del terreno cambia ancora direzione ed assume l'aspetto illustrato nella figura 1.193. Qualora, tenendo sempre lo sguardo rivolto verso un lato, fissiamo un punto del terreno tra noi e l'orizzonte, il flusso del terreno subisce un'altra modificazione, simile a quella illustrata nella figura 1.194 e che abbiamo già imparato a conoscere quando abbiamo parlato della parallasse di movimento (pag. 124).

Quindi, quando guardiamo nella direzione nella quale ci muoviamo il campo visivo *si espande* a partire dal punto focale situato all'orizzonte, quando guardiamo nella direzione opposta alla direzione in cui ci muoviamo, esso *si contrae* verso un altro punto focale; quando guardiamo in una direzione perpendicolare alla direzione di marcia, il campo visivo «*scorre*» nella direzione opposta a quella del movimento.

La velocità con cui avvengono queste deformazioni dell'immagine visiva varia in modo regolare: essa è inversamente proporzionale alla distanza fisica degli oggetti dall'occhio, cosicché esiste un gradiente di velocità degli elementi microstrutturali dell'immagine, decrescente in modo continuo dal basso del campo visivo verso l'orizzonte, dove la velocità della deformazione è nulla. Si può così parlare di una *prospettiva di movimento* analoga alla prospettiva di densità della grana e della grandezza degli oggetti.

Queste deformazioni prospettiche di «*espansione*», di «*scorrimento*» e di «*contrazione*» del campo diventano visibili soltanto in condizioni molto particolari, quando ci si muove a velocità elevata in treno, in automobile o in aereo. Ma nor-

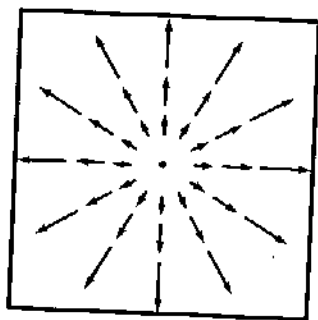


Fig. 1.195. Espansione microstrutturale di una superficie frontale verso cui è diretto il movimento [Gibson 1950]

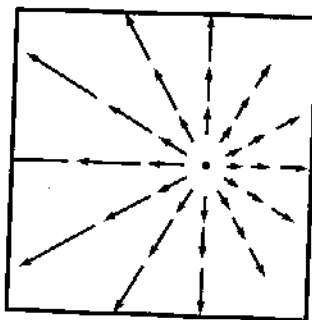


Fig. 1.196. Flusso di espansione nel caso di avvicinamento ad una superficie inclinata [Gibson 1950]

malmente il mondo che noi vediamo non subisce queste deformazioni; ciò che percepiamo è un mondo tridimensionale stabile, attraverso il quale *siamo noi a muoverci*. Non vediamo gli oggetti mutare la loro posizione rispetto a noi, ma vediamo noi stessi mutare la nostra posizione rispetto ad essi. La *continua trasformazione prospettica* è dunque soltanto la descrizione di quanto avviene nel flusso ottico che si proietta sulla retina.

Poiché esiste una corrispondenza geometrica assolutamente precisa tra i movimenti dell'osservatore e le concomitanti trasformazioni prospettiche a cui è sottoposta l'immagine retinica, i gradienti di velocità della microstruttura possono essere considerati i correlati della nostra locomozione attraverso l'ambiente tridimensionale.

Le deformazioni del flusso microstrutturale nell'immagine retinica descritte finora sono quelle che si verificano quando il movimento dell'osservatore è parallelo al terreno, avviene cioè rispetto ad una superficie longitudinale. Quando invece l'osservatore si muove *verso una superficie frontale* o variamente *inclinata*, le trasformazioni prospettiche seguono modalità specifiche per ciascun tipo di movimento, costituendo in tal modo una informazione specifica sia per la struttura dell'ambiente sia per i movimenti dell'osservatore rispetto ad esso. In questi casi il punto focale, da cui si irradia il movimento di espansione microstrutturale è il punto della superficie verso il quale è diretto il movimento dell'osservatore (punto di collisione). Una superficie frontale produce una espansione simmetrica dal punto focale (figura 1.195); se la superficie è inclinata, il flusso di espansione microstrutturale è asimmetrico, in quanto la velocità nella zona corrispondente alla parte più vicina all'occhio è superiore a quella delle zone più lontane (figura 1.196). Queste informazioni sono sufficienti a farci percepire, di momento in momento, il grado di inclinazione delle superfici, la velocità e l'esatta direzione del nostro movimento.

7. Quale informazione prossimale

Dalle ricerche che abbiamo riferito risulta dunque che tanto il movimento relativo degli oggetti quanto il movimento fenomenico dell'osservatore sembrano legati in modo preciso a trasformazioni che avvengono *nella* immagine, trasformazioni che

o interessano alcune sue parti o interessano l'immagine nella sua interezza. Queste scoperte hanno una grande importanza non soltanto perché ci avvicinano ad una migliore comprensione della percezione del movimento, ma ancora di più per una fondamentale ragione di carattere teorico.

Dai tempi di Wundt e di Helmholtz i più intricati problemi della percezione visiva — in particolare di quelli della tridimensionalità e quelli della costanza di forma, di grandezza e di colore — nascevano dalla constatazione che, nella proiezione retinica degli oggetti, quegli attributi non vengono conservati fedelmente, anzi nella maggior parte dei casi vanno completamente distorti o perduti. Se le informazioni forniteci dalla stimolazione prossimale sono considerate la grandezza, la forma e l'intensità che in un momento dato assumono le proiezioni degli oggetti, si deve convenire che ogni immagine sulla retina bidimensionale è irrimediabilmente ambigua, perché può corrispondere ad un numero infinito di oggetti in funzione della loro distanza dall'occhio, della loro inclinazione rispetto alla linea di mira e della intensità dell'illuminazione. È d'altra parte innegabile che di tutta questa ambiguità non c'è traccia nella nostra concreta percezione del mondo, che è formato normalmente da oggetti di grandezza, forma e colore ben definiti e costanti, che si spostano con movimenti altrettanto ben definiti o stanno fermi in un mondo chiaramente tridimensionale.

Per superare lo scoglio costituito da questa contraddizione che, come abbiamo già visto nei capitoli precedenti, scaturisce da un modo limitato e in sostanza erroneo di concepire ciò che deve essere considerata la effettiva stimolazione prossimale, i teorici della percezione sono stati costretti ad inventare qualche istanza o processo «superiore» destinato ad «andare oltre» l'informazione sensoriale sempre plurivoca, a interpretare gli indizi presenti in una immagine lacunosa, o a dare ordine e senso ad un insieme incoerente di dati disordinati e spesso contraddittori. Da questa esigenza sono sorte le teorie, tutte fondamentalmente empiristiche, che chiamano in causa l'«appercezione» (Wundt), l'«assimilazione» (Benussi), le «inferenze inconscie» (Helmholtz), la «interpretazione degli indizi» (Boring). Teorie insoddisfacenti e implausibili soprattutto perché non riconducibili, o riconducibili soltanto in modo indiretto o tortuoso, ad una convincente verifica empirica.

Ecco perché riteniamo così importante la scoperta che nella

stimolazione prossimale è contenuta tutta l'informazione necessaria per la percezione del movimento relativo degli oggetti e della nostra locomozione in un ambiente tridimensionale stazionario. Ciò rende superfluo il ricorso a processi che dovrebbero integrare, correggere, interpretare dati di per se stessi incompleti, caotici e ambigui.

Se l'effettivo stimolo prossimale non sono gli elementi di una immagine statica, ma la distribuzione spaziale ed i rapporti fra quegli elementi, e la continua trasformazione prospettica a cui è sottoposto il flusso ottico che colpisce la retina, allora l'occhio dispone dell'informazione necessaria a specificare la forma, la grandezza, il colore, la tridimensionalità, il movimento e l'immobilità degli oggetti fenomenici. A patto naturalmente che sia sensibile a quei rapporti e sia in grado di estrarre dal flusso ottico gli invarianti che vi sono contenuti. E dalle analisi di Metzger, Gelb, Musatti, Duncker, Gibson e Johansson sembra che esso sia proprio in grado di compiere queste operazioni.

8. *Scomposizione percettiva del movimento in sistemi indipendenti*

Partendo dalla spiegazione proposta da Wertheimer [1912] per il movimento evolutivo e involutivo della spirale ruotante, Musatti [1924; 1928] aveva intuito che l'apparato visivo compie sui dati in entrata un trattamento analitico confrontabile con una analisi matematica. Nella fase che precede la trasformazione stereocinetica, il cerchio di figura 1.182 appare ruotare intorno al centro del disco mantenendosi stabilmente orientato, ossia presentando sempre la stessa parte rivolta ad esempio verso l'alto (vedi figura 1.197).

Ciò significa che le traiettorie secondo le quali si spostano obbiettivamente i vari punti del cerchio non corrispondono alle traiettorie vedute. Ci si può rendere ragione, secondo Musatti, di questa divergenza tra il movimento fenomenico e quello reale considerando il movimento oggettivo «o» come *scomposto* in una componente di traslazione «t» attorno al centro del disco e in una componente di rotazione «r» del cerchio intorno a se stesso (figura 1.198). Ora, dato che il cerchio è una linea di colore e spessore uniformi, ciascun suo punto può essere, nel

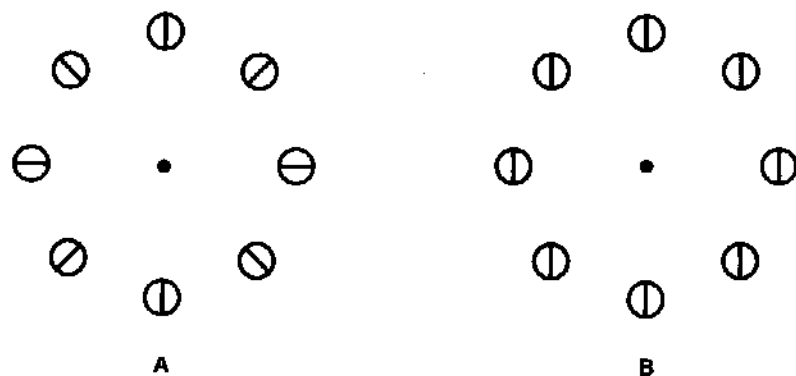


FIG. 1.197. A: il cerchio compie una rivoluzione e allo stesso tempo ruota intorno al proprio centro
B: il cerchio compie una rivoluzione ma rimane stabilmente orientato

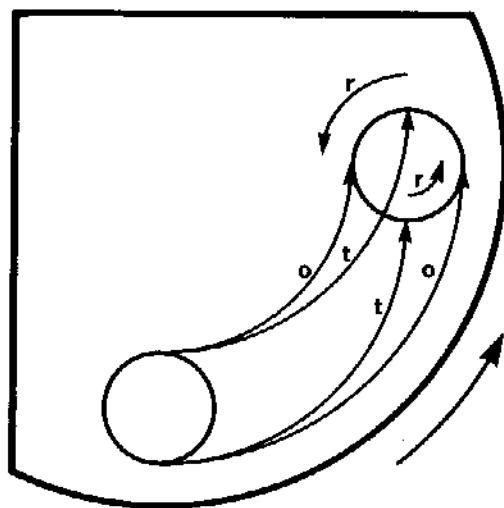


FIG. 1.198. Scomposizione percettiva dei movimenti dei punti di un cerchio in rivoluzione [Musatti 1924]

o = movimento obiettivo
 t = componente fenomenica di traslazione
 r = componente rotatoria lungo la circonferenza

caso del movimento, identificato con qualsiasi altro suo punto. Questo scambio di identità fa sì che la componente rotatoria non venga avvertita e si percepisca soltanto il movimento di traslazione del cerchio, il quale può perciò esser visto come stabilmente orientato. È facile capire come questa apparente stabilità di orientazione del cerchio abbia per conseguenza il movimento relativo del punto situato al suo interno, movimento relativo che prelude alla trasformazione stereocinetica.

Un ragionamento analogo può esser fatto per l'ellisse di figura 1.183. La traiettoria obbiettiva di un punto dell'ellisse può essere scomposta in due movimenti: uno in direzione radiale e l'altro nella direzione stessa della linea ellittica (figura 1.199). Poiché — sempre per la identità di tutti i punti dell'ellisse — questa seconda componente non è visibile, rimane visibile soltanto il primo movimento. La figura non ruota più, ma tutti i suoi punti si muovono in direzione radiale alternativamente verso la periferia o verso il centro. La scomparsa della componente rotatoria produce la stabilità di orientazione: benché obbiettivamente ciascun punto dell'ellisse faccia un giro completo con il ruotare del disco e venga pertanto a trovarsi successivamente in tutte le direzioni rispetto al centro del disco, fenome-

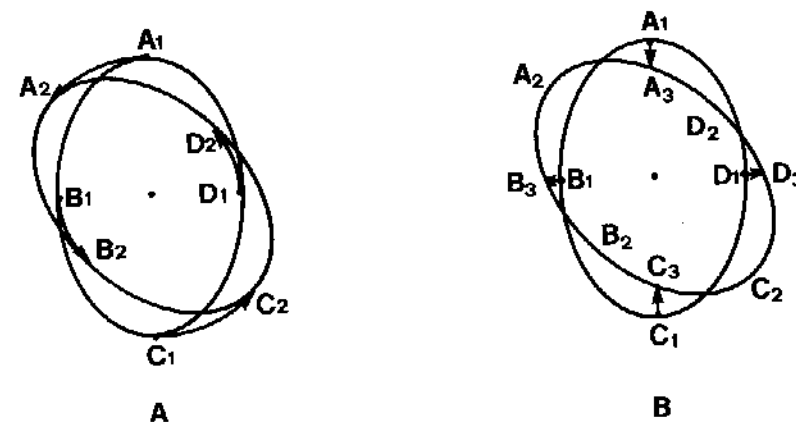


FIG. 1.199. Scomposizione percettiva dei movimenti di una ellisse ruotante sul proprio centro [Musatti 1924]

A: traiettorie obbiettive (circolari) dei punti dell'ellisse
B: il movimento obbiettivo A_1-A_2 (B_1-B_2 , ecc.) si scompone in A_1-A_3 (B_1-B_3 , ecc.) e in A_3-A_2 (B_3-B_2 , ecc.). Quest'ultima componente è invisibile, essendo tutti i punti della ellisse identici

nicamente ogni punto mantiene costante la propria direzione rispetto a quel centro e muta solo la sua distanza dal centro stesso. Da qui la deformazione in anello elastico: la stabilità di orientazione è ottenuta a spese della rigidità della figura. Come abbiamo già detto, la deformazione viene successivamente eliminata mediante l'instaurarsi di un nuovo tipo di rigidità: il dischetto solido oscillante nello spazio.

Con lo stesso modello di scomposizione cinematica applicata dall'occhio ad un movimento reale — quando esistono le premesse per uno scambio di identità tra punti uguali di una figura — Musatti [1928] e poi Wallach [1933] hanno spiegato la direzione apparente assunta dal movimento di una linea che si muove obiettivamente in direzione del tutto diversa. Abbiamo riferito queste analisi nel capitolo dedicato ai fattori che determinano l'identità fenomenica (figure 1.116 e 1.117).

Sviluppando questi suggerimenti di Wertheimer e di Musatti e quelli analoghi contenuti in un fondamentale contributo di Rubin [1927] sulla analisi percettiva del movimento di rotolamento di una ruota, Duncker [1929] ha introdotto l'importante concetto di *scomposizione percettiva* del movimento in sistemi e sottosistemi gerarchicamente ordinati.

Per la fisica un moto è definito come mutamento di posizione in un sistema di riferimento. Per darne una descrizione matematica possiamo scegliere a piacere il sistema di riferimento che riteniamo più utile al nostro scopo del momento e possiamo sempre trasformare la descrizione in modo che si adatti ad un altro sistema. Un determinato moto può pertanto venir descritto in modo matematicamente corretto mediante una quantità di formule più o meno eleganti o complicate, tutte ugualmente valide. Abbiamo visto che anche nella percezione un movimento avviene in un sistema di riferimento: un oggetto si muove in relazione ad un altro oggetto, una parte del campo visivo si avvicina a, si allontana da, gira intorno a, si sposta lungo un'altra parte, alla quale è fenomenicamente subordinata.

Di norma lo schema di riferimento in rapporto al quale vediamo muoversi gli oggetti è il suolo, la superficie terrestre. Ma non è sempre così: se in una corriera un passeggero si sposta da un finestrino a quello corrispondente del lato opposto, lo vediamo compiere il tragitto che congiunge queste due posizioni sul veicolo e non il tragitto obliquo che il suo corpo compie rispetto alla superficie terrestre. E se, durante il suo

spostamento, gli sfugge di mano un oggetto, vedremo quest'ultimo cadere lungo una traiettoria verticale e non saremo mai capaci di «vedere» la traiettoria parabolica che effettivamente esso sta compiendo rispetto alla strada percorsa dalla corriera.

Anche l'occhio dunque, come il fisico, può scegliere sistemi di riferimento diversi in occasioni diverse. Ma con una sostanziale differenza: mentre il fisico può scegliere liberamente il sistema che preferisce, guidato soltanto da considerazioni di opportunità o di semplicità di calcolo, l'occhio non gode affatto di tale libertà, le sue scelte sono quasi sempre limitate da rigidi vincoli, sono scelte obbligate. Duncker ha dimostrato il carattere non arbitrario della formazione dei sistemi di riferimento per i movimenti percepiti, mediante esperimenti come quello illustrato nella figura 1.200. In A, che riproduce la situazione-base del movimento indotto, il rettangolo appare immobile, pur spostandosi obiettivamente verso sinistra. E così, in B, appare immobile il cerchio che si sposta obiettivamente verso il basso. Il punto immobile è visto invece muoversi verso destra nel rettangolo o verso l'alto nel cerchio. Se, come in C, combiniamo le due situazioni, ci si potrebbe aspettare che il punto, sotto l'azione congiunta dei movimenti dei due schemi di riferimento, percorra una traiettoria fenomenica obliqua verso l'alto a destra. In realtà si vede il punto spostarsi orizzontalmente verso destra e contemporaneamente il rettangolo effettuare un movimento in diagonale verso l'alto a sinistra.

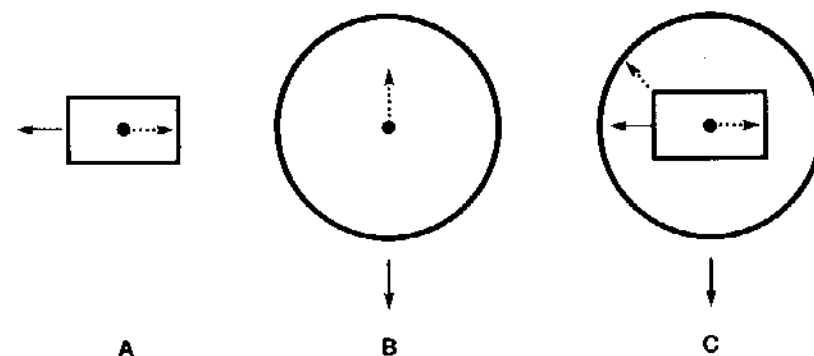


FIG. 1.200. Indipendenza dei sistemi di riferimento [Duncker 1929]

Si è cioè prodotta una *separazione dei sistemi*. Il movimento del cerchio influisce sulla traiettoria fenomenica del rettangolo che invece di andare, come fa in realtà, da destra a sinistra percorre una traiettoria obliqua. Ma il cerchio non agisce sul percorso fenomenico del punto, che è influenzato unicamente dal movimento del rettangolo. Il sistema punto-rettangolo è relativamente indipendente dal sistema rettangolo-cerchio: il destino cinetico del punto è determinato esclusivamente dallo schema di riferimento prossimo, che lo isola e lo preserva dalle influenze del sistema sopraordinato, con il quale il suo rapporto è solo indiretto.

Vi è una stretta analogia tra la scissione dei sistemi nei fenomeni di movimento e il rapporto esistente tra il tutto e le sue parti naturali nelle configurazioni statiche, dove si può constatare la medesima indipendenza tra schemi di riferimento prossimi e sovraordinati (figura 1.201).

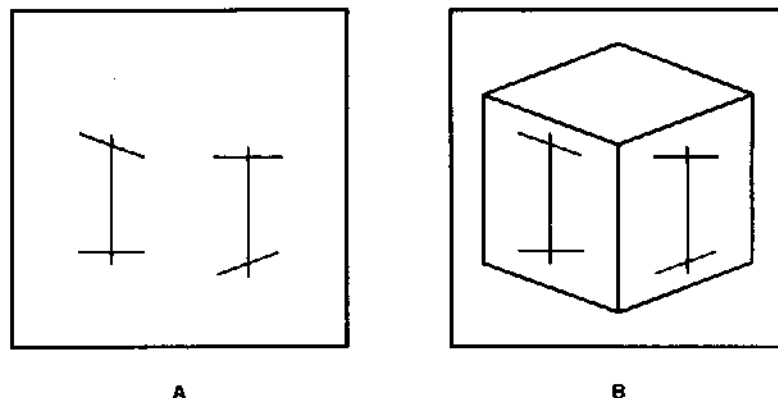


FIG. 1.201 Indipendenza degli schemi di riferimento statici

È importante rendersi conto che la scomposizione in sistemi indipendenti non è una curiosità che si può osservare soltanto in laboratorio facendo muovere punti e rettangoli, ma che è un fatto comune nella vita percettiva di ogni giorno. Essa costituisce infatti un principio che sta alla base della nostra percezione di tutti i movimenti degli oggetti reali. È per questa scomposi-

zione di sistemi che vediamo il veicolo, che trasporta l'amico che ci saluta, muoversi nel sistema di riferimento immobile costituito dalla strada, vediamo l'amico muoversi entro lo schema di riferimento costituito dal veicolo e vediamo la mano muoversi verticalmente su e giù rispetto al corpo dell'amico stesso. È così, il modo come vediamo rotolare una ruota è un altro istruttivo esempio di separazione di sistemi nella vita di ogni giorno. Alla base della scomposizione non ci sono in questo caso modificazioni di distanza ma una continua modificazione dell'orientamento (alto, basso, destra, sinistra) tra due oggetti. Non è possibile vedere la curva cicloidale tracciata da un punto, perché essa si scompone coercitivamente in un movimento fenomenico di traslazione ed in un movimento di rivoluzione eseguiti contemporaneamente dallo stesso punto. Il primo movimento funge da sistema di riferimento del secondo: il punto gira intorno all'asse e, insieme a questo, si sposta orizzontalmente sul terreno.

9. Analisi vettoriale percettiva

Johansson [1950; 1964; 1973] ha elaborato in modo sistematico e rigoroso l'idea della scomposizione cinematica vettoriale proposta da Musatti, da Duncker e da Wallach. Ma l'aspetto più importante del suo contributo è l'applicazione dell'analisi vettoriale ad un modello geometrico della stimolazione prossimale fondato sui principi della prospettiva centrale, come aveva fatto Gibson nella sua spiegazione della percezione tridimensionale (vedi capitolo quinto). Egli sostiene che tutte le difficoltà, con le quali si sono scontrate le teorie classiche, derivano dall'aver considerato la percezione del movimento come il risultato della integrazione di una serie di immagini statiche in rapida successione. Difficoltà aggravate inoltre dall'aver trattato tali immagini secondo i principi della geometria euclidea, cioè come se le proiezioni ottiche potessero venir descritte e misurate in termini metrici, in millimetri o gradi.

Ora in primo luogo, non ci sono mai sulla retina immagini paragonabili alle immagini che si formano sulla pellicola di un apparecchio fotografico. Ciò che per brevità, ma impropriamente, chiamiamo «immagine» retinica è un *pattern* mutevole prodotto sulla retina da un flusso ottico in continua trasforma-

zione spazio-temporale. È questo *pattern*, dalla struttura in perenne cambiamento, la vera stimolazione prossimale dalla quale l'occhio deve trarre le informazioni per la visione degli oggetti in generale e per quella del movimento in particolare.

In secondo luogo, il modello adeguato a descrivere le trasformazioni del flusso ottico sulla superficie retinica non è la geometria euclidea ma la *geometria proiettiva*, il cui diretto rapporto con lo spazio visivo è del resto dimostrato dal fatto che essa costituisce la base teorica del disegno in prospettiva. La principale caratteristica che differenzia la geometria proiettiva da quella euclidea è quella di essere una geometria *non metrica*, in quanto riguarda esclusivamente le *relazioni* che rimangono invarianti quando si verificano trasformazioni nell'immagine, o meglio nel *pattern* proiettato dal flusso ottico sul piano di proiezione. Un'altra differenza importante riguarda il famoso assioma delle parallele. Mentre nella geometria euclidea vale l'assioma che le linee parallele non s'incontrano mai, per la geometria proiettiva le linee parallele s'incontrano in un punto definito situato all'infinito (vedi figura 1.202).

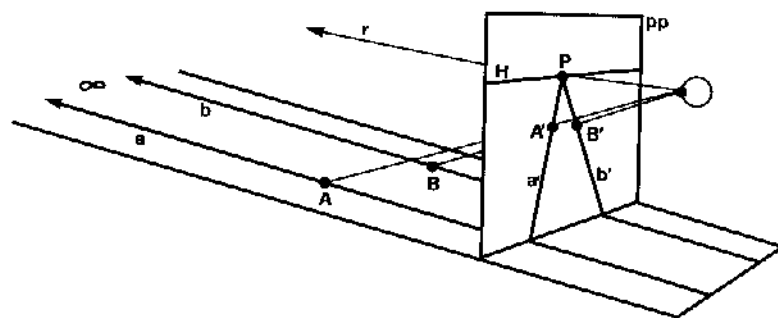


Fig. 1.202. Schema della convergenza prospettica delle parallele

a e b = linee parallele

pp = piano di proiezione

a' e b' = proiezione di a e b sul piano di proiezione pp

r = raggio parallelo ad a e b

H = orizzonte

P = punto all'infinito sul piano di proiezione, verso il quale convergono le proiezioni di a e b .

Quando i punti A e B si spostano lungo le loro traiettorie parallele a e b , le loro proiezioni A' e B' si muovono lungo le traiettorie convergenti a' e b' nel piano di proiezione. Se A e B si muovono solidalmente, A' e B' raggiungeranno simultaneamente il punto P all'orizzonte.

La particolarità dell'applicazione dell'analisi vettoriale a questo modello ottico-geometrico consiste nel fatto che, mentre il disegno in prospettiva centrale — che su quel modello si fonda — è rivolto principalmente al calcolo della *direzione di linee* nel piano di proiezione, l'analisi vettoriale riguarda soprattutto le *direzioni dei movimenti* degli elementi del flusso in quel piano. Cerchiamo di esporre nelle sue linee essenziali il ragionamento di Johansson, confortato peraltro da una quantità imponente di controlli sperimentali.

L'occhio non percepisce le traiettorie individuali seguite da ciascun elemento nel piano di proiezione, ma estrae determinati invarianti dal complessivo *pattern* prossimale. Da ciascuna traiettoria prossimale verrebbe sottratta una componente vettoriale uguale a quella sottratta agli altri elementi del *pattern*. Queste *componenti comuni* verrebbero collegate percettivamente in un movimento fenomenico unitario. Naturalmente, il termine «vettori uguali» va inteso in rapporto al modello geometrico proiettivo: sono cioè definiti «uguali» i vettori che nel piano di proiezione sono diretti, con velocità proporzionalmente uguali, verso o via da uno stesso punto, che rappresenta proiettivamente il punto di convergenza all'infinito di due o più rette o traiettorie parallele. Un caso speciale è quello di vettori di velocità uguale non convergenti, ma paralleli. Essi specificano il movimento in un piano fronto-parallelo, mentre quelli convergenti o divergenti da un punto specificano i movimenti in profondità. In seguito alla sottrazione delle componenti comuni, rimangono esattamente determinate — sia da un punto di vista matematico che da quello percettivo — le componenti di moto *residuali*. Se tra queste vi sono gruppi di componenti residuali uguali, esse vengono a loro volta collegate percettivamente in altrettante unità di movimento, il cui sistema di riferimento non è tuttavia lo sfondo stazionario, ma il sistema vettoriale di primo grado. In movimenti complessi, è possibile che si formi in questo modo un sistema gerarchico di vettori uguali e di vettori residuali devianti.

Diamo un primo esempio di «analisi vettoriale» percettiva relativo a movimenti che si svolgono in un piano fronto-parallelo (figura 1.203). Su uno schermo omogeneo due punti luminosi vengono fatti muovere obbiettivamente con la medesima velocità, ma con fase opposta lungo due percorsi a zig-zag, come in 1.203 A. Il risultato fenomenico è alquanto diverso: i

due punti si muovono *verticalmente*, avvicinandosi e allontanandosi reciprocamente. Contemporaneamente, la coppia si sposta con movimento rettilineo nella direzione orizzontale (figura 1.203 B). Ciascuno dei due movimenti dati nella stimolazione prossimale viene percettivamente scomposto in due componenti: una componente orizzontale *comune* ed una componente residua verticale diretta verso o via dall'altro punto (figura 1.203 C). Come abbiamo già visto per il rotolamento della ruota analizzato da Duncker, il movimento delle componenti comuni funge da schema di riferimento per quello delle componenti residuali. Nel caso della ruota è il movimento traslatorio per quello rotatorio, in questo caso è il movimento comune orizzontale della coppia per il movimento di andirivieni verticale dei due punti.

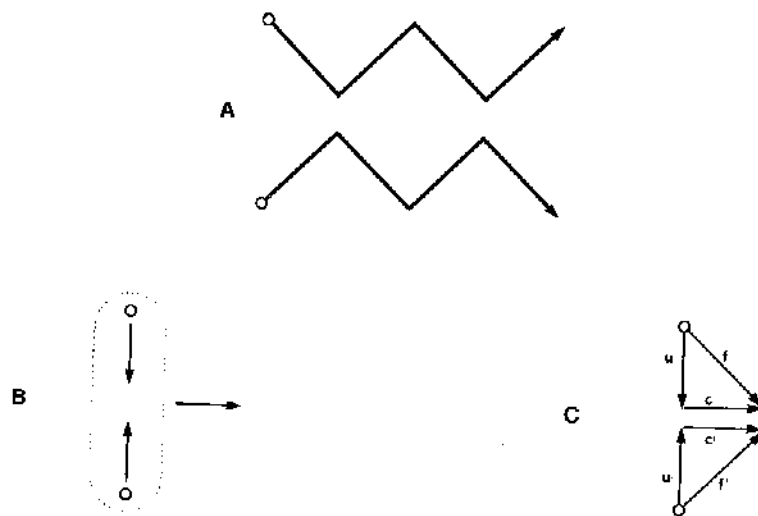


FIG. 1.203. Analisi vettoriale percettiva [Johansson 1950]

A = traiettorie dei due punti nella stimolazione prossimale
B = movimenti percepiti
C = analisi percettiva vettoriale. Le traiettorie fisiche f e f' vengono scomposte, nella percezione, nelle componenti u e u' (movimento relativo dei due punti) e nelle componenti c e c' (movimento comune della coppia)

Nell'esempio ora esaminato i vettori comuni sono paralleli, perciò la coppia si sposta percettivamente in un piano fronto-parallelo. Ma prendiamo qualche altra situazione — più simile a quelle della vita di ogni giorno — in cui ci siano nella stimolazione prossimale vettori comuni *convergenti* (o divergenti) rispetto ad un punto focale.

Nella figura 1.204 è illustrato il caso più semplice. Su uno schermo viene proiettato un quadrato che alternativamente si

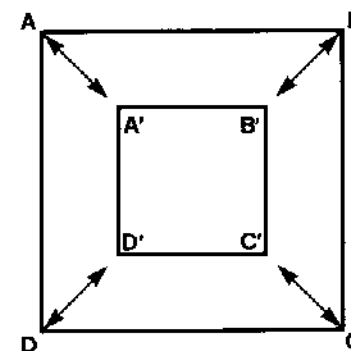


FIG. 1.204. La stimolazione prossimale è costituita da un quadrato che aumenta e diminuisce di grandezza

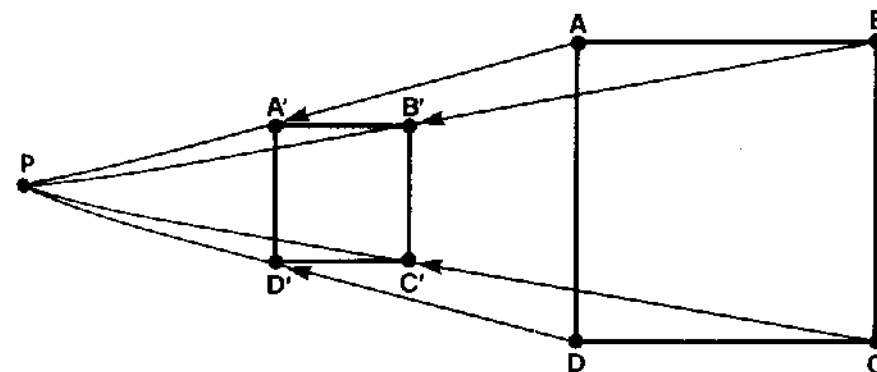


FIG. 1.205. Come il sistema visivo interpreta i movimenti della figura 1.204 [Johansson 1964].

I vettori AA' , BB' , CC' e DD' sono proporzionalmente uguali rispetto al punto di convergenza all'infinito P e specificano un movimento solidale in profondità di una figura di grandezza costante.

contrae e si espande in modo regolare. Il risultato è facilmente prevedibile, oggi che sugli schermi televisivi fenomeni del genere sono quotidianamente sotto gli occhi di tutti. Non si vede un cambiamento di grandezza di una forma che rimane sempre alla stessa distanza (come avviene nella realtà fisica e nella stimolazione prossimale), bensì un quadrato di grandezza costante che si allontana e si avvicina all'osservatore. I vettori AA' , BB' , CC' e DD' sono proporzionalmente uguali in relazione al punto di convergenza all'infinito P e specificano per l'occhio un movimento comune in profondità di un corpo rigido (figura 1.205).

La stimolazione prossimale è in questo caso una trasformazione proiettiva e viene interpretata dal sistema visivo come una variazione prospettica, cioè come una variazione della posizione dell'oggetto rispetto al punto di vista. Cosa avviene se la trasformazione prossimale non è proiettiva, cioè non corrisponde alla proiezione prospettica di un corpo rigido in movimento rispetto al punto di vista, come nell'esempio della figura 1.206 dove un quadrato si trasforma in un rettangolo e viceversa, dove si ha cioè una contrazione (o espansione) e contemporaneamente un cambiamento di forma? Il risultato percettivo è un movimento in profondità (alternativamente all'indietro e in avanti) accompagnato da una contemporanea rotazione (figura 1.207) o, per altri soggetti, da una contrazione-espansione (figura 1.208).

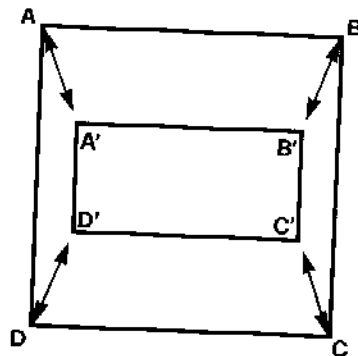


FIG. 1.206. Nella stimolazione prossimale, un quadrato non solo aumenta e diminuisce di grandezza ma viene anche trasformato in rettangolo quando si contrae [Johansson 1975]

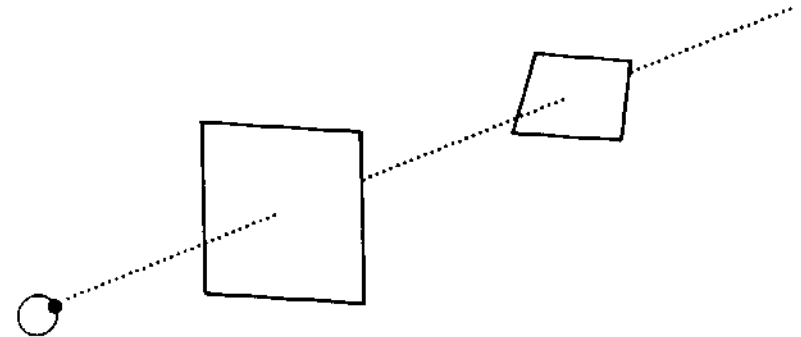


FIG. 1.207. Rendimento fenomenico della figura 1.206: un quadrato si allontana e si avvicina e allo stesso tempo oscilla sul proprio asse orizzontale [Johansson 1975]

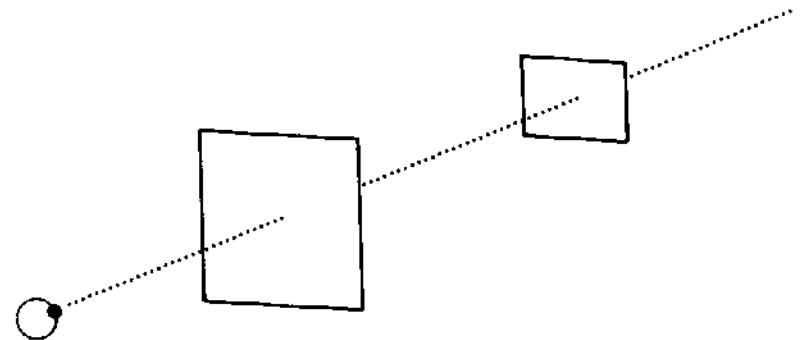


FIG. 1.208. Un altro possibile rendimento percettivo di figura 1.206: una figura si allontana e si avvicina e contemporaneamente si trasforma da quadrato in rettangolo e viceversa [Johansson 1975]

Anche questo fenomeno può essere interpretato come il risultato di una analisi vettoriale percettiva compiuta dall'occhio secondo lo schema di figura 1.209. Da ciascuna traiettoria prossimale verrebbe estratta una componente comune di movimento convergente verso il punto di proiezione all'infinito P . Sono cioè quelle componenti di ciascun movimento che, per un'assioma della geometria proiettiva, si svolgono lungo traiettorie parallele. Esse darebbero luogo percettivamente al movimento traslatorio in profondità del quadrato, mentre le com-

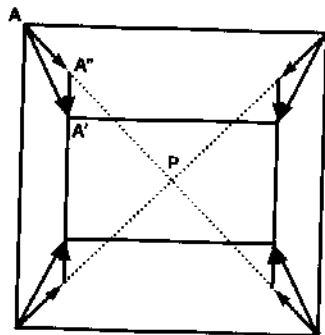


FIG. 1.209 Analisi vettoriale percettiva delle trasformazioni del pattern prossimale di figura 1.206 [Johansson 1964]

I movimenti obbiettivi AA' (BB' , ecc.) si scompongono in una componente comune AA'' (BB'' , ecc.) di movimento convergente verso il punto di proiezione all'infinito P e in una componente residuale $A''A'$ ($B''B'$, ecc.). Le componenti comuni specificano il movimento solidale in profondità, le componenti residue danno luogo alla inclinazione sull'asse orizzontale oppure al cambiamento di forma.

ponenti residue produrrebbero la sua rotazione fenomenica o la sua trasformazione in rettangolo. Il primo movimento assume su di sé la funzione di schema di riferimento per la rotazione o per la modificazione di forma.

Dall'insieme di osservazioni, teorie e ricerche sperimentali che abbiamo passato in rassegna possiamo trarre provvisoriamente alcune conclusioni. Lo stimolo prossimale per la percezione del movimento non è una successione di immagini statiche, ma un evento spazio-temporale costituito da spostamenti tra le parti del flusso ottico che colpisce la retina o da trasformazioni dell'intero flusso. Il sistema visivo non percepisce queste trasformazioni in quanto tali ma estrae da esse un certo numero di relazioni invarianti. Esso sembra cioè in grado di compiere un'analisi dell'evento cinetico prossimale che può essere paragonata ad una analisi matematica vettoriale. Questa scomposizione percettiva porta al costituirsi di una gerarchia di sistemi indipendenti, per cui uno stesso elemento può prender parte simultaneamente a più movimenti percettivamente distinti, nel seguente ordine: un movimento traslatorio rispetto ad

uno stato stazionario, un movimento rotatorio rispetto alla traslazione, una modificazione di forma rispetto alla rotazione.

Queste conclusioni sembrano abbastanza ben fondate, ma rimangono aperte due questioni importanti, tra loro strettamente congiunte: il problema dei fattori che determinano il tipo di analisi percettiva compiuto dall'occhio ed il problema della veridicità dei risultati di quella analisi.

10. Perché proprio quella analisi?

Una descrizione in termini di analisi vettoriale può essere considerata un ponte gettato tra realtà fenomenica e realtà fisica, perché presenta il grande vantaggio di essere un linguaggio appropriato per descrivere un evento quale si svolge nell'esperienza dell'osservatore ma anche il corrispondente evento nel mondo fisico. Non dobbiamo tuttavia dimenticare che, mentre per l'evento fisico si possono scegliere anche altre descrizioni analitiche altrettanto corrette, il sistema visivo sembra costretto dai principi dai quali è governato ad effettuare proprio quella descrizione. Tanto è vero che, in ogni caso concreto, ci riesce difficile pensare che non sia l'unica descrizione possibile. E ben raramente ci accade di nutrire qualche dubbio sulla sua veridicità: di norma siamo del tutto sicuri di vedere «in presa diretta» il movimento di un oggetto o la sua immobilità.

Il compito che si pone allora ad una teoria della percezione visiva del movimento è quello di scoprire questi principi, di individuare la «logica» secondo la quale l'occhio privilegia una certa soluzione tra il numero indefinito di descrizioni teoricamente possibili, i vincoli che limitano in modo così drastico le sue scelte.

Il principio generale che — secondo la maggior parte degli autori di cui abbiamo riferito gli esperimenti e le riflessioni — sembra guidare il sistema visivo nella sua analisi cinematica è la tendenza a preferire, tra le soluzioni possibili, quella più semplice o, se si vuole, più economica. Lo stimolo prossimale viene decodificato in modo che si verifichi un minimo di trasformazioni o, detto in modo diverso ma equivalente, in modo da garantire un massimo di costanza e di stabilità.

Secondo Musatti, una configurazione tende a spostarsi

mantenendosi, quando è possibile, stabilmente orientata. È in funzione di questo risultato, per realizzare cioè un massimo di stabilità di orientamento, che nel cerchio ruotante avverrebbe la scomposizione cinematica del movimento di ciascun punto in due componenti e proprio in quelle: una componente rotatoria invisibile (del punto lungo la circonferenza) e una componente visibile di rivoluzione intorno al centro del disco.

E così Wallach, studiando il movimento percepito di linee che si spostano parallelamente a se stesse, aveva scoperto che, tra le infinite scomposizioni in via di principio possibili, si realizza quella per cui la componente visibile è la più breve (vedi pp. 145-149).

Duncker sottolinea l'enorme semplificazione che, nel caso del rotolamento di una ruota, il sistema visivo riesce ad ottenere effettuando un certo tipo di scomposizione cinematica dei moti cicloidali. Infatti, estraendo dai movimenti reali individuali, diversi per forma e per velocità, proprio la componente rotatoria comune, tutte quelle differenze vengono eliminate.

I fenomeni stereocinetici [Musatti 1924; Metzger 1934; Wallach 1953] sono un'altra dimostrazione di questa preferenza dell'apparato visivo per le soluzioni percettive che realizzano un massimo di semplicità o di costanza. Una configurazione prossimale in continua trasformazione viene vista, quando è possibile una lettura prospettica, come un corpo rigido che si muove nella terza dimensione. Questo comporta sempre la eliminazione di una deformazione e lo stabilirsi di rapporti costanti tra le parti in movimento. Il movimento del cono rigido, che si sostituisce al movimento del punto all'interno del cerchio che gira stabilmente orientato, elimina tale movimento relativo, cioè la continua modificazione della posizione del punto rispetto alla circonferenza. Nel cono, punto e cerchio si muovono solidalmente mantenendo costanti i reciproci rapporti di distanza e di posizione. Lo stesso discorso si può fare a proposito della figura 1.183: quando nella fase stereocinetica compare il dischetto rigido stabilmente orientato, è stata eliminata la continua deformazione elastica a cui era sottoposta l'ellisse nella fase precedente.

Se con il dispositivo di Metzger (figura 1.132) si proietta sullo schermo traslucido l'ombra di un cubo di filo di ferro in lenta rotazione, tutti vedono nitidamente girare un cubo tridimensionale, invece di percepire la trasformazione e gli sposta-

menti reciproci tra le linee, come avvengono effettivamente sul piano di proiezione e quindi nella stimolazione prossimale. I vantaggi agli effetti della costanza di forma e di grandezza degli elementi della figura sono in questo caso talmente evidenti che è superfluo commentarli.

Anche per Johansson l'analisi percettiva vettoriale è vista al servizio di questa generale tendenza alla costanza. Quando la trasformazione del *pattern* ottico nella stimolazione prossimale è di tipo prospettico, l'occhio dimostra una netta preferenza a vedere movimenti nella terza dimensione di corpi rigidi di forma costante (traslazioni, rotazioni, o una loro combinazione) invece che deformazioni elastiche di superfici bidimensionali. Quando la trasformazione non è prospettica, l'apparato visivo, mediante la scomposizione in componenti comuni e residuali (vedi figura 1.206), estrae un massimo di movimento «rigido» accompagnato da un minimo di deformazioni (traslazione o rotazione di un corpo che nello stesso tempo si contrae, si espande o si piega: i movimenti di un animale, di una bandiera, di una pianta mossa dal vento). Soltanto quando la trasformazione della stimolazione prossimale non si presta alla estrazione di invarianti proiettivi, si ha la percezione della deformazione elastica di una superficie nel piano.

Ma se i movimenti prossimali vengono «letti», ogni volta che ciò è possibile, come movimenti tridimensionali di oggetti rigidi, si potrebbe credere che è questo il tipo di semplificazione a cui tende l'analisi percettiva. Sembrerebbe cioè che anche in questo campo valga la regola che abbiamo trovato operante studiando le configurazioni statiche, dove il principale criterio che presiede al costituirsi delle unità fenomeniche pare essere il criterio della semplicità, della coerenza, della stabilità delle figure risultanti, in una parola il criterio della pregnanza.

Probabilmente le cose non stanno così. Quella regola vale anche in questo caso, ma non si applica alla struttura spaziale delle configurazioni bensì alla struttura *del loro movimento*. La scomposizione cinematica si compirebbe in funzione della semplificazione del *movimento* e la costanza di forma e di grandezza ottenuta con il movimento solidale sarebbe soltanto una *conseguenza*, non il fattore causale primario. Ciò che attraverso la scomposizione tende a realizzarsi è il miglior movimento possibile, intendendo per migliore quello più semplice, quello per cui si formano sistemi cinetici indipendenti di elementi che percorrono con velocità uguali traiettorie uguali.

11. La veridicità

Ed ora la questione della «veridicità». È un problema che non esiste per il realista ingenuo, che non vede il motivo di chiedersi il perché della corrispondenza tra ciò che percepisce e ciò che è. La sua risposta alla famosa domanda di Koffka [1935]: «Perché le cose ci appaiono così come ci appaiono?» è senza esitazioni: «*Perché le cose sono così come sono*». Semmai, egli si stupirà di fronte alle anomalie e alle sconcordanze e può trovar sensato che ci si interroghi sul perché delle «illusioni». È una posizione «sana», la posizione del buon senso, condivisa dalla maggior parte degli uomini (ivi compresi i percettologi quando non sono «in servizio attivo»). Ma questo non toglie che sia ingenua e infondata: ci sembra di aver dato, nel corso della discussione, dimostrazioni sufficienti della sua insostenibilità.

Vediamo se sia più soddisfacente rispondere: «Le cose ci appaiono così come ci appaiono perché la stimolazione prossimale è così come è». Questa risposta presuppone: a) che nella stimolazione prossimale siano contenute tutte le informazioni che specificano gli oggetti nell'ambiente e le loro caratteristiche formali, dimensionali, cinetiche; b) che l'occhio sia in grado di leggere queste informazioni.

In base all'evidenza sperimentale ed ai ragionamenti che abbiamo passato in rassegna, ci sono buone ragioni per credere che la prima affermazione sia esatta. Chi sostiene il contrario, che cioè l'informazione a disposizione del sistema visivo è sempre incompleta, si fonda (da Berkeley in poi) su una idea erronea ed una descrizione inadeguata della stimolazione prossimale. Una concezione elementaristica dell'immagine retinica (considerata alla stregua di una copia o immagine fotografica) e una sua descrizione geometrica secondo un modello euclideo. Da qui la necessità di far intervenire i meccanismi integrativi di tipo inferenziale che fanno assomigliare il processo percettivo a quello seguito dalla mente nella soluzione di un problema. Gibson e Johansson, lavorando nella tradizione antielementaristica dei gestaltisti, per cui il sistema visivo è sensibile ai rapporti e agli invarianti presenti nella stimolazione, hanno dimostrato che nella luce e nelle sue continue trasformazioni è contenuta l'informazione necessaria alla identificazione degli oggetti e dei loro movimenti. Cade allora anche la necessità di

ipotizzare speciali processi cognitivi deputati a interpretare informazioni lacunose con un procedimento analogo al *problem-solving*.

Quanto alla seconda affermazione, non vi è dubbio che l'occhio non «vede» la stimolazione prossimale in quanto tale, ma la decifra, compie cioè su di essa una analisi che corrisponde ad uno dei modi con cui si possono descrivere in linguaggio matematico gli eventi fisici. Il problema è che, se è vero che la stimolazione prossimale non è lacunosa, perché nel flusso ottico esiste l'informazione per il movimento dei corpi, è anche vero che essa è sempre *plurivoca*, si presta cioè a più di una lettura. E l'occhio sembra programmato per eseguire un solo tipo di analisi: date certe condizioni, esso non ha la libertà di scelta, funziona in modo automatico secondo le regole da cui è governato. Pare quindi che la risposta alla domanda di Koffka vada ancora riformulata: «Le cose ci appaiono così come ci appaiono perché i principi secondo cui è "programmato" l'occhio sono quelli che sono».

Ma se questa è, come sembra, una risposta più giusta delle precedenti, è essa anche sufficiente a risolvere il problema della «veridicità»? Ci aiuta a comprendere come mai nella stragrande maggioranza delle situazioni della vita di ogni giorno le nostre percezioni sono veridiche? Una possibile argomentazione potrebbe suonare così: l'occhio tende a compiere, ogni volta che è possibile, una lettura prospettica dello stimolo prossimale. Ciò ha per conseguenza un prevalere, nel mondo percepito, di oggetti rigidi che si muovono in un ambiente tridimensionale stazionario mantenendosi costanti e con un minimo di deformazione. Questo risultato fenomenico rispecchia abbastanza bene la realtà fisica, nella quale esiste una analoga prevalenza di corpi rigidi di grandezza e forma costanti.

Ma il constatare che l'analisi compiuta dall'occhio, in forza del suo «programma», porta normalmente ad una percezione veridica, non equivale a dire che quella analisi, tra le infinite possibili, si realizza perché veridica. Una affermazione del genere è contraddetta da tutti gli esperimenti mediante i quali sono state determinate le leggi di funzionamento del sistema visivo. Sono esperimenti in cui la stimolazione prossimale viene prodotta manipolando stimoli distali che non vengono riconosciuti come tali, in cui cioè la percezione non è veridica. I fenomeni stereocinetici di Musatti, di Metzger, di Wallach sono

prodotti da movimenti e trasformazioni di linee e di superfici in un piano bidimensionale. Anche nelle dimostrazioni di Johansson gli stimoli visivi sono costituiti da forme sintetizzate da un calcolatore e proiettate su uno schermo di tipo televisivo. Queste configurazioni nel piano sono gli oggetti distali esterni, gli *oggetti reali* che dovrebbero comparire nella percezione se questa fosse veridica. Ma in tutti questi casi la percezione *non è mai* veridica: l'occhio applica in modo rigido le sue regole di lettura, con risultati che non sono certamente corrispondenti alla realtà distale.

La situazione è dunque la seguente: da una parte è fin troppo facile «ingannare» l'occhio, il quale legge la stimolazione prossimale secondo i propri principi prescindendo da come essa è prodotta, se da luce riflessa da corpi tridimensionali in movimento o da linee che si spostano su una superficie piana. Dall'altra parte, un funzionamento che si dimostra così indipendente dalla stimolazione distale, dagli oggetti reali, produce risultati che normalmente a quel mondo di oggetti reali corrispondono. Si deve ammettere che tale corrispondenza è un problema a cui non si può, in base alle conoscenze attuali, dare una risposta empiricamente fondata. Possiamo scegliere tra una tesi creazionista (gli occhi ci sono stati dati per vedere il mondo, il loro funzionamento realizza quindi una «armonia prestabilita» tra realtà fisica e realtà psichica) o una spiegazione in termini evoluzionistici: il funzionamento del sistema visivo sarebbe il risultato di una pressione selettiva che ha privilegiato gli organismi in grado di procurarsi informazioni spaziali e cinetiche veridiche sul proprio ambiente.

A questo punto, dato il carattere del tutto ipotetico di entrambe le soluzioni, la decisione è una questione di gusto o di preferenza ideologica. Personalmente preferisco la seconda alternativa, perché è una ipotesi che postula meccanismi d'azione che obbediscono soltanto a leggi naturali conosciute o conoscibili.

Linguaggio e pensiero

di Paolo Legrenzi