Il senso del numero Ontologia, metafisica e … neuroscienze

Maria Grazia Turri

Premessa

Il filo conduttore di questo contributo sono le teorie relative al numero avanzate da Platone e Aristotele e il loro ancoraggio al fondamentale ruolo del pitagorismo, originario quanto sovrano, soprattutto nella misura in cui quest'ultimo ha concorso a 'miscelare' nuclei di diversa provenienza filosofica, al fine di comprendere quali di questi aspetti sono oggi in linea con quello che emerge dalle ricerche neuroscientifiche circa la modalità con la quale l'essere umano concepisce e interagisce con il numero.

Il dato dal quale è necessario partire è che gran parte della dottrina platonica inerente il numero è riconducibile alle supposte *agrapha dogmata*, di conseguenza anche le critiche mosse da Aristotele alle tesi platoniche si ancorano alle "dottrine non scritte", o meglio, si rifanno alle teorie che affiorano nell'Accademia su "ispirazione" delle *agrapha dogmata*. In specifico la scuola di Tubinga e Milano ha sostenuto che le "dottrine non scritte" non soltanto siano un'autentica elaborazione teorica di Platone, ma ne costituiscano l'ossatura filosofica portante, formulata già nella prima fase del suo filosofare e portata avanti accanto a quella pubblica dei *Dialoghi*, della quale sarebbe, per l'appunto, l'intelaiatura metafisica (Szlezák 1985; Reale 1991). Si tratterebbe di dottrine elaborate esclusivamente nell'ultima fase della sua speculazione e incomprensibili per i più, e per questo esposte soltanto all'interno della scuola e non affidate allo scritto.

Questa è comunque una questione che nell'ambito della storia della filosofia rimane fortemente dibattuta e sufficientemente ipotetica. Ciò nonostante è necessario dare atto che lo stesso Aristotele testimonia che Platone nell'ultima fase del suo pensiero, successivamente al terzo e ultimo viaggio in Sicilia, manifestava una dottrina "parlata", indirizzata esclusivamente ai membri dell'Accademia. Oggetto di questa parte della "speciale" speculazione sarebbe stata la matematizzazione delle Idee, anche a seguito del fatto che dopo che nel *Parmenide* (142-143) lo stesso Platone aveva descritto una serie di difficoltà in ordine alla loro esistenza, tali difficoltà continuavano a essere rilevate dai membri dell'Accademia in relazione alle eterogenee argomentazioni platoniche, tanto che Senocrate identificò totalmente le Idee con i numeri ideali, cioè optò per l'identificazione dei numeri con le realtà numeriche e geometriche ideali e invece Speusippo eliminò sia le Idee che i numeri ideali e ammise solo l'esistenza di enti aritmo-geometrici e dai principi fece discendere direttamente i numeri matematici, anche se non si spinse fino a sposare la tesi dell'immanenza nei sensibili degli enti matematici, ma ne preservò la separazione (*Metafica* M 8, 1083a 20 sgg. Cfr. M 9, 1086a 2-13; M 6, 1080b 4-33; M 1, 1076a 19 sgg).

Le tesi platoniche, sia "scritte" che "non scritte", è ormai evidente che rimangono fortemente aporetiche e sfuggono a ogni tentativo di costruire un quadro coerentemente strutturato, tentato invece da Aristotele, in quanto questi 'sistematizza' il cosmo eidetico attribuito a Platone secondo un modello tripartito e che conseguentemente da quel momento sarà spesso ritenuto come autenticamente platonico e schiuderà la via alla tesi della centralità dello statuto degli enti matematici. Sempre ad Aristotele si può far risalire la parziale identificazione fra filosofia pitagorica e platonica, in parte motivata da dialoghi come il *Timeo* e il *Filebo*, che sembrano individuare nei numeri, «dono degli dei», la via maestra per attingere a una esaustiva comprensione dell'articolazione dell'intelligibile e dei rapporti fra questo e il sensibile.

Nella riformulazione che Aristotele effettua delle tesi platoniche è importante tenere presente che egli tende soprattutto a riorganizzarle all'interno dei propri schemi concettuali e delle proprie categorie filosofiche.

Secondo la ricostruzione del filosofo stagirita, nelle "dottrine non scritte" Platone avrebbe identificato una struttura ontologica delle Idee validata da due principi di ordine matematico, l'Uno e la Diade, cosicché ne deriverebbe che l'impalcatura fondante delle Idee avrebbe questa natura. L'Uno svolgerebbe la funzione di principio formale, mentre la Diade indefinita di "grande-piccolo", svolgerebbe la funzione di principio materiale, e insieme darebbero vita a una "sinfonia", il che rimanda alla nozione di 'armonia', stigmatizzata nel *Timeo*, un testo nel quale viene illustrato un modello ordinato e viene tracciata l'intersecazione, propria dell'ontologia matematica antica, fra aritmetica, geometria e musica[1], in quanto l'idea di cosmo numerico implica, in questa ottica, una struttura di mondo in cui non c'è ubicazione per ciò che sfugge alla determinazione eidetica, quindi per il caso e per il caos.

Quello che caratterizza le tesi platoniche, e la loro genesi pitagorica, **è** soprattutto la metodologia connessa all'aritmetica e alla geometria, una metodologia che si contrappone a quella adottata da egiziani e greci, i quali dimostrarono *sperimentalmente* che la somma degli angoli interni di un triangolo equilatero è un angolo piatto, basandosi sull'osservazione delle mattonelle a forma di

---

[1] Nel *Timeo*: 31b 5-32c 4 si parla di proporzionalità e medietà geometriche, utilizzate nella descrizione dei costituenti fisici elementari; nel *Timeo* 33b 1-34b 3 si parla di proprietà della sfera in relazione alla sfericità del corpo del mondo; nel *Timeo* 35b 4-37a 3 si parla di teoria delle medietà in relazione alla descrizione dell'Anima del Mondo; nel *Timeo* 38c 3-39e 2 con 40a 2-d 5 si parla si questioni astrologiche; nel *Timeo* 53c 5-55c 6 si parla dei cinque solidi regolari a proposito dei corpi elementari (Vitrac 2005).

triangolo equilatero che rivestono un pavimento. Essi notarono che con sei di queste si ricopre un angolo giro e da ciò ne conclusero che ogni angolo di questi triangoli è un sesto di angolo giro, il che equivale al fatto che la somma dei tre angoli eguali di un triangolo equilatero è uguale ai tre sesti di un angolo giro, cioè a un angolo piatto. In modo analogo verificarono che la somma degli angoli interni di un triangolo rettangolo e di un triangolo isoscele è un angolo piatto. Di converso i pitagorici dimostrarono per via *deduttiva-inferenziale* questa proprietà; cioè la dimostrarono senza l'aiuto dell'esperienza e prescindendo da ogni caso particolare, rendendo così possibile che il principio individuato acquisisse valore per triangoli di ogni tipo.

Grazie a questa metodologia i pitagorici consentirono di mettere in evidenza, quelli che successivamente vennero definiti "oggetti ideali"[2] (Husserl 1894), cioè *oggetti reali* già presenti nella realtà ma "svelati" dalla mente umana. Una tesi, appunto, riconducibile a Platone e al suo utilizzo dell'anamnesi per dimostrare che un teorema, in specifico quello descritto, lo conosciamo già (*Menone*, 84d-85b) e che la mente umana, se ben strutturata, lo

---

[2] Accanto agli oggetti che cadono sotto i nostri sensi esistono – e giacciono su un diverso piano di realtà, nel senso che non vivono nello spazio e nel tempo – anche oggetti che possono essere una sorta di trasfigurazione di oggetti reali, gli oggetti ideali. Gottlob Frege argomenta che l'ipotesi secondo cui i veri portatori del numero sarebbero gli oggetti o gli eventi esterni ordinari ha una conseguenza inaccettabile: che una stessa cosa (per esempio un certo oggetto o evento esterno) possa essere un'unità sotto una certa specificazione concettuale e, nel contempo, molte molteplicità diverse sotto specificazioni concettuali diverse, e ciò esclude che quella cosa possa essere considerata il vero portatore del numero. Infatti, osserva Frege (1884), nulla può essere il vero portatore di qualcosa a meno che quel qualcosa non gli appartenga incondizionatamente. Ma, percepire dei rapporti (oggetti ideali) non significa né costruirli né imitarli, bensì riconoscerli, intercettarli e convertirli. Siamo in grado di indicare gli oggetti che incorporano le proprietà degli oggetti ideali. Gli oggetti ideali non sono recepiti dai sensi e non hanno una relazione diretta con il corpo, anche se è il corpo che li riconosce. Per Frege il numero non può essere né spaziale o fisico né soggettivo, ma contestualmente non sensibile e oggettivo e dipendente dai contesti (1884, pp. 59-73, 259, 299)

può “rendere manifesto”. Accanto agli oggetti che cadono sotto i nostri sensi esistono pertanto anche altri oggetti reali che possono essere una sorta di trasfigurazione di oggetti fisici reali, gli oggetti ideali, i quali giacciono su un diverso piano di realtà, nel senso che non vivono nello spazio e nel tempo poiché «non si può afferrare, né vedere, né sentire il numero cinque» (Heidegger, 1975, p. 54). Fra questi possiamo annoverare i numeri e i teoremi, Ne consegue che un teorema, un numero, un postulato non siamo in grado di indicarli perché sono per definizione indipendenti dal *qui* e dall'*ora* e non sono legati a un oggetto empirico, ma hanno però uno statuto ontologico e una metafisica propria, ma nel contempo siamo però in grado di indicare gli oggetti che incorporano le proprietà degli oggetti ideali.

Negli oggetti ideali svolge un ruolo fondamentale l'immaginazione, la sola attività che è in grado di cogliere le essenze, in specie quelle matematiche; e per riconoscere relazioni racchiudibili in idealità la mente deve presentificare relazioni fra parti e momenti, così come avviene nel processo immaginifico degli oggetti fisici.

Platone pitagorico

I Pitagorici, nell'ottica platonico aristotelica, sostenevano che i numeri rappresentano il risultato dell'azione di un *limite* o *peras* su una quantità indeterminata o *apeiron*. Detta limitazione è espressa dal fatto che ciascun numero è una quantità, ed è così definibile perché è un aggregato finito, ossia limitato, quindi un'unità «dotata di posizione». L'unità è un volume minimo e ciò significa che i numeri, in quanto aggregati di unità così intese, hanno non solo un›esistenza reale, ma anche un›esistenza autonoma o separata, sono cioè sostanze e coincidono con le cose. Pertanto, i numeri sono entità reali, e in quanto tali costituiscono il fondamento delle cose, giacché non ne sono solo componenti, ma ne sono le componenti ultime, poiché le cose nella loro costituzione ontologica sono, per l›appunto, numeri, fisicamente limitati. Un concetto di limite che verrà successivamente stigmatizzato da Kant presentando la distinzione fra *Grenze*, il limite, e *Grenzlinie*, il confine (Kant 1787, § 57). Quest'ultimo può essere superato, mentre il limite è fondato sulla base all'esperienza che di esso è possibile avere, cioè tramite l'oltrepassamento dei confini stessi, i quali offrono la regola per la fondazione del sapere e della sua ragione. Il limite coerentemente non è esclusivamente qualcosa che ci fa conoscere ciò che sta al di qua di esso, ma è anche ciò che traccia una linea fra due domini che si toccano. Limite, pertanto, è indubbiamente un termine che ha un carattere normativo, ma spinge intrinsecamente, di per sé, al suo superamento, ed è connaturato al reale.

Il numero concepito come costitutivo delle cose ci fa dire che le tesi pitagoriche danno vita a una dottrina confacente a fornire una spiegazione del fatto che l›universo appaia ordinato, sia nel suo insieme che in ogni sua parte e fenomeno. Il numero è così il costitutivo per comprendere quest›ordine: le stelle si muovono secondo un ordine matematicamente esprimibile, le stagioni si susseguono secondo periodi costanti calcolabili, i cicli della vita hanno un ordine matematico, le armonie musicali sono date da rapporti fra suoni, e un rapporto è un numero. Inoltre, nell'ottica pitagorica i numeri, in quanto aggregati di unità, vengono rappresentati come una serie binaria di unità che procede all›infinito, se trattasi di numeri pari, mentre nei numeri dispari un›unità chiude la seria binaria di per sé aperta all›infinito. Anche in questo senso e per quest'aspetto principi del numero sono il *limite* e l'*illimitato*.

Secondo la chiave di lettura aristotelica delle "dottrine non scritte" Platone recupera le concezioni pitagoriche e le applica alle Idee per definirne l'ossatura ontologica, che mette in luce la struttura matematizzante delle Idee, dove la Diade di "grande-piccolo” è principio materiale, ed è principio che esprime l’infinito in quanto è fattore duplicatore, o, comunque, matrice atta ad aumentare in ragione aggiuntiva di due, l’Uno che, in funzione di principio formale-sostanziale, s’impone su di essa.

Dall’azione dell’Uno e della Diade si originano quelli che Platone chiama numeri ideali o Idee-numeri, cosicché l’unità duplicata dalla Diade dà luogo alla dualità, questa, a sua volta, alla quaternità, che, duplicata, dà luogo alla ottità. Di converso, la dualità, aggiunta all’unità dà luogo alla ternità la quale duplicata dà luogo alla seità, mentre la ternità aumenta di due dà luogo alla quinquità, alla settità, quindi alla nonità. Infine, dalla duplicazione della quinquità ha luogo la decade. Dall’azione *duplicatrice* e da quella *accrescitiva* in ragione di due, propria della Diade sull’Uno, si originano i primi dieci numeri e con le essenze dei primi dieci numeri, si forma l’intera serie numerica, costituita da numeri ideali in quanto essi esprimono l’essenza dei corrispondenti numeri aritmetici: la ternità esprime l’essenza di tutti i tre, la quaternità l’essenza di tutti i quattro, e così via.

Secondo Aristotele Platone sembra quindi adombrare che di numero si possa parlare in una duplice modalità e che entrambe siano separate dalle cose sensibili: di numero si può parlare sia in riferimento alla distinzione secondo *il prima e il poi* e quindi il numero inerirebbe alle Idee; sia in senso matematico, e di conseguenza il numero procede oltre le Idee e le cose sensibili[3].

Dai numeri ideali derivano poi, in successione, le Idee, le quali, essendo prodotte dai numeri, hanno una struttura numerica; ne consegue che i numeri matematici, a differenza di quelli ideali, sono infiniti (*Parmenide* 131a 4sgg; 131c 5-d 2). Lo stesso statuto dell’Uno è letto a partire dalle nozioni di eguale e diseguale e così

[3] Tale distinzione fra i due tipi di numero sembrerebbe essere propria del solo Platone e non ascrivibile né a Senocrate né a Speusippo.

entra in gioco un modello di commensurabilità, il che mette in evidenza che il problema dell'Uno è affrontato facendo riferimento al dominio semantico dove il "tutto" e la "parte" non possono che fare riferimento alla relazione con la quantità. Inoltre, gli enti matematici sono posti da Platone accanto agli enti sensibili e alle forme e sono intermedi fra le realtà: essi differiscono dai sensibili in quanto sono eterni e privi di movimento, ma differiscono dalle Idee in quanto ve ne sono molti simili, laddove di ciascuna forma ve ne è una soltanto. Le Idee sono pertanto causa degli altri enti e gli elementi delle Idee sono elementi di tutti gli altri enti.

Rispetto alle operazioni legate alle grandezze, che ovviamente rimandano alla fisicità e ai corpi, all'estensione dimensionale e quindi allo spazio e alla localizzazione – aspetti antitetici alle Idee –, i *numeri non risultano da operazioni di calcolo*, poiché è necessario spiegare diversamente come la divisione di un ente e la somma di un ente a un altro producano lo stesso numero. Pertanto il calcolo può risultare unicamente in virtù della *preesistenza dei numeri* (*Fedone* 100e 5sgg.)[4]. Platone sembra fare riferimento a una qualche forma di tecnica combinatoria a livello eidetico, che assumerebbe i numeri a riferimento, o meglio alla numerabilità degli enti, cioè al loro essere 'molti' e a una classificazione dei numeri, punto di riferimento per i numeri ideali e per i numeri aritmetici (*Parmenide* 142d 6 sgg.; *Parmenide* 143b 3 sgg.).

La vera difficoltà insita dei numeri ideali risiederebbe quindi nella loro connessione con la *serialità*.

---

[4] Platone ha istituito una relazione meramente orizzontale fra gli enti, attraverso una verticalizzazione ontologica che non inserisce un terzo elemento in grado di spiegare la relazione fra i primi due, poiché questo non condividere i caratteri dei precedenti né potrebbe risultare da una generalizzazione dei loro caratteri, e pertanto avrebbe una natura eterogenea rispetto ai precedenti enti od oggetti.

Le critiche che Aristotele muove alle dottrine platoniche dei numeri ideali si sviluppano con una pluralità di argomentazioni, sottili e capillari, che sviscerano e mettono allo scoperto molteplici aspetti, ma tutte queste critiche si articolano intorno a un motivo di fondo e, sotto un certo aspetto, non sono che la riproposizione di questo motivo da diverse angolature, ovvero la segnalazione che i numeri, platonicamente intesi, sono sostanze, mentre in realtà non si tratta di sostanze, bensì di aspetti quantitativi degli enti fisici considerati astrattamente, ossia isolatamente da altri aspetti. Gli aspetti aporetici che rivelano l'errore di fondo delle tesi platoniche sono sostanzialmente tre: 1. la distinzione fra due tipi di numero; 2. la questione dell'eventuale identificazione fra numeri ideali e Idee; 3. il rapporto fra il modello ideale e quello dei principi.

Come è noto, per Aristotele carattere proprio della sostanza è di essere per sé sussistente, di essere, cioè, un *ens in sé*, ovvero di avere un'esistenza separata. Ora, i numeri ideali, in quanto Idee, hanno un'esistenza separata e come tali sono sostanze. Se questo è il postulato si avrà l'assurdo di sostanze nelle sostanze, poiché nella *serie* numerica ogni numero posteriore contiene tutti i numeri anteriori: il cinque contiene il due, il tre e il quattro, ma quest'ultimo contiene il tre e il due, e a sua volta il tre contiene il due. Ora, se i numeri sono sostanze, si avrà che una sostanza, ossia la quinquità, contiene un'altra sostanza, la quaternità, che contiene altre due sostanze, e cioè la ternità contenuta nelle quinquità e la ternità contenuta nella quaternità, che a sua volta è contenuta nella quinquità; del resto la quinquità contiene altre tre sostanze, vale a dire la dualità o il due ideale contenuto nel cinque ideale e i due ideali contenuti rispettivamente nel quattro e nel tre ideali, a loro volta contenuti entrambi nel cinque ideale.

Aristotele afferma, pertanto, che i platonici hanno escluso la possibilità che possa darsi un'idea di quelle realtà che risultano *ordinate in serie*, appunto per questo dove esiste *un prima e un poi*, come nel tempo, non è possibile che il genere predicato di queste sia qualcosa di ulteriore rispetto a queste. Sostanzialmente, se la diade è la prima dei numeri, non si dà un numero ideale oltre alle Idee dei numeri (*Metafisica* 26, 1023b 36; *Fisica* 7, 207b 1 sgg.) e questo vale anche per le figure ideali (*Fisica* 6, 207a 1 sgg.; Metafisica 11a). Aristotele si chiede perché visto che esiste la decade, non debba essere presupposta anche l'endecade, cioè come si possa optare fra serie finita e serie infinita e di conseguenza gli pare legittimo il quesito circa quale possa essere l'ente rispetto al quale è legittimo parlare di un numero infinito; pertanto è necessario che il numero sia infinito o finito. Ne consegue che i numeri ideali producono una significativa anomalia rispetto alle caratteristiche riconosciute alle Idee, in quanto ogni Idea è originariamente unica, mentre i numeri ideali, sia finiti che infiniti, costituiscono una molteplicità che incarna una configurazione di somiglianza. Esisterebbero Idee-numeri, ma non un'Idea comune a tutti i numeri, poiché vi è una monade, una diade, una triade e così via, ma non è data l'essenza comune che ne consenta la costituzione in *serie*.

La serialità dei numeri ideali implica l'assurdo di sostanze contenute in sostanze con una moltiplicazione a dismisura delle sostanze. Aspetto contradditorio rispetto al quadro aristotelico secondo il quale ogni sostanza è un sé e dunque ha un'esistenza separata. Inoltre, poiché ciascuna di esse, essendo un numero ideale, ossia un'Idea, ha per ciò stesso funzione di principio, questo fa sì che una tale moltiplicazione delle sostanze finisca per essere una moltiplicazione a dismisura dei principi, venendo così a crearsi una situazione che smentisce la funzione esplicativa stessa del principio, che è quella di ricondurre a spiegazione unica casi molteplici.

A questa sostanziale argomentazione si aggiunge quella connessa al fatto che l'aritmetica, in quanto scienza dei numeri, ha come oggetto i numeri matematici, ma se i numeri ideali costituiscono l'essenza dei numeri matematici, è difficile che sia possibile una matematica che non si occupa delle proprietà essenziali – della metafisica – dei suoi oggetti.

Per Aristotele, di conseguenza, il numero è un predicato, e precisamente quel predicato che esprime il *plethos* di cui sono costituite le cose, ossia l'appartenere alle quantità discrete, costituite da unità successive, *seriali* (*Categorie* 6). Di converso sono quantità continue quelle geometriche come la linea, la superficie, il corpo o solido, assieme al tempo. Infatti quest'ultimo è una sequenza numerica ordinale che scorre parallela al movimento, pertanto il numero del movimento dell'istante e il tempo implicano il cambiamento, grazie *a un prima* e *a un dopo*, a un qui e ora; cosicché il tempo è per Aristotele «il numero del movimento secondo il prima e il poi» (*Fisica* 200 b 14-15, 218b 9-219a 10, 219b2, 220b 32, 221b 26; *Metafisica* 105v 3b 16ss, 1056b 16-18) e richiede una fondazione ontologica (il perché del nesso fra tempo e divenire) e una fondazione epistemica che dipende dal soggetto (la conoscenza del nesso, cioè il che della relazione fra tempo e divenire). La misura del movimento è il tempo, così il tempo misura il movimento, ma misura anche il movimento del tempo. Aristotele, sulla scia del *Timeo* di Platone, ma in opposizione alla tesi delle grandezze incommensurabili, riconduce il tempo al movimento dell'oggetto e non al movimento in sé. Se per Platone l'attenzione è posta al movimento del cosmo, per Aristotele è centrata sul movimento di un corpo, di un oggetto celeste (*Fisica* III 3, 202a 13-15).

Appunto per questo il continuo, il cui contrario è il discreto, è ciò che ha un *confine* in comune. Esso è una specie del contiguo, il quale a sua volta è una specie del consecutivo. Consecutivo è ciò in mezzo a cui non vi è nulla di omogeneo. Quando due cose consecutive si toccano in uno o più punti, le cose sono contigue[5]. I due opposti, continuo e discreto cadono sotto la medesima categoria quella della quantità. Di conseguenza, il discreto è privazione della forma del continuo, e anche sotto questo profilo ne esprime il contrario, giacché, la contrarietà è altresì privazione perfetta, vale a dire privazione della forma. Il numero, dunque, essendo quantità discreta, è sia una quantità, rientra cioè in un genere categoriale che esprime non un soggetto – sostanza –, ma un attributo, una proprietà; sia una quantità discreta, ossia un aggregato di determinazioni quantitative aventi fra loro confini separati (Zanatta 2008).

Proprio perché tali determinazioni quantitative non hanno confini comuni, ma sono separate, il loro essere assieme è un *plethos*, una molteplicità di determinazioni quantitative che, per il fatto stesso di non potersi costitutivamente unire ad altre e formare un continuo, sono determinazioni quantitative minime. Tali sono le unità, per cui il numero è un *plethos*, ossia una pluralità o un aggregato di unità, così come lo concepiscono i pitagorici, laddove una grandezza (*megethos*) non aggrega unità. Non solo, ma poiché il numero è costituito da quantità minime strutturalmente

---

[5] Così due linee sono contigue in un punto; due superfici sono contigue secondo una linea; due solidi sono contigui o secondo una faccia, ossia secondo una superficie, o secondo uno spigolo, ossia secondo una linea, o in un punto. Ebbene, due cose che non soltanto si toccano, ma hanno un confine comune, sono continue. Così le linee sono continue se hanno un punto in comune, giacché il punto non è parte della linea, bensì suo confine. Infatti, le parti di una linea sono linee, mentre il punto è il confine di una linea. Perciò due linee sono continue se hanno un confine, ossia un punto in comune, ossia sono continue nel punto, e poiché il punto non ha dimensione, esse verificano in tal modo una condizione per la quale la continuità coincide con la contiguità. Due superfici sono continue se hanno un confine, ossia una retta in comune. Poiché la linea ha una dimensione, la lunghezza, è chiaro che due superfici contigue non sono due superfici continue: due superfici contigue hanno come confini due linee distinte, cioè separate, ma in contatto, mentre due superfici continue hanno come confine la medesima linea, ossia: la linea che funge da confine dell'una, funge da confine anche dell'altra. Infine, è chiaro che due solidi sono continui se hanno una faccia, ossia una superficie in comune.

separate le une dalle altre, il loro essere insieme scandisce una *serialità* e il numero stesso esprime *successione*, laddove le grandezze, per il fatto stesso di essere quantità continue, danno luogo a *estensione*. Proprio per questo, mentre le grandezze sono sia aumentabili che divisibili all'infinito, esprimono cioè l'infinito nella potenza sia dell'aggiunzione che della divisione, il numero è infinitamente aumentabile ma non anche infinitamente divisibile, giacché trova nell'unità il *limite* della sua divisione.

Per Aristotele l'essere dell'unità è di essere indivisibile e, come tale, di essere la misura minima in ogni genere e soprattutto nel genere della quantità, giacché la misura si confà innanzitutto con la quantità, che è un predicato, e un predicato, se non ha un'esistenza autonoma o separata o per sé, ha tuttavia un'esistenza reale, ossia, è una determinazione realmente esistente, anche se non esistente per sé. In tal modo il numero, in quanto aggregato di unità così intese, è la misura di una quantità, o meglio di un aspetto quantitativo, vale a dire di una proprietà reale, isolata da altre proprietà e studiata per se stessa. In questo modo il numero è «astratto», ma non nel senso che è una pura costruzione mentale, ma nel senso che è la misura di una proprietà, tale per l'appunto essendo la quantità o, meglio, un tipo di quantità, isolata da altre proprietà, come il colore, il dove, il quando, e considerata per se stessa, ossia astrattamente da altre.

Ne consegue che il numero, è misura e al tempo stesso è anche misurato; infatti, in quanto indicazione della quantità di unità in un genere di cose, esso è misurato dall›unita. Il numero, essendo misura di una quantità, la quale è una proprietà ovvero un aspetto reale del genere di cose in oggetto, astratta da altri aspetti e studiato separatamente, non è affatto una mera costruzione mentale, ma l'elaborazione dottrinale di una dimensione categoriale dell'ente, e di una dimensione categoriale differente dalla sostanza, cosicché non può essere sostanza esso stesso.

Se per Aristotele i numeri, in quanto misura della quantità di unità discrete, sono essi stessi quantità discrete, le grandezze, in quanto quantità continue, tali cioè che ogni loro parte ha confini comuni con un›altra parte, non hanno propriamente un›unità, vale a dire una parte minima, perché essa sarebbe immediatamente connessa a un›altra parte così da formare un continuum, e proprio per il fatto di non avere un›unità le grandezze sono divisibili all›infinito. Anche se non hanno un›unità possono tuttavia avere una misura: giacché è possibile assumere una parte della grandezza e farne un campione, un'unità di misura. Il numero è così la misura della quantità delle unità nel genere delle lunghezze, delle superfici e dei solidi, e in tal senso l›aritmetica è prima rispetto alla geometria, ossia permette di calcolare numericamente in campo geometrico. Anche la misura di una grandezza, essendo un numero, è la misura di una quantità di unità, come il numero è un aggregato di unità numeriche, ma con la differenza che le unità numeriche sono misure prime *naturali* rispetto al numero, mentre le unità geometriche sono misure prime *convenzionali* rispetto alle grandezze, le quali, in quanto quantità continue, non hanno per loro natura una misura minima, ma sono divisibili all'infinito. L'arresto della divisione del continuo in una parte minima che funga da misura è perciò un atto *convenzionale*, come Aristotele mette in luce nell'*Etica nicomachea* (1131a 29-31) quando parla di moneta (Lo Piparo 2003, pp. 125-133).

L'associazione dell'aritmetica alla geometria è perciò, in sostanza, l'obbligo di una misura a ciò che è per sua natura non misurabile, e in questo senso la geometria è seconda rispetto all'aritmetica, e per Aristotele nel caso che le figure geometriche siano anch'esse intese in termini ideali genererebbe una moltiplicazione degli enti ideali che determinerebbe una proliferazione di realtà perfino maggiore a quelle sensibili iniziali (*Metafisica* B 5, 1002a 4-8).

Cambio di paradigma nelle neuroscienze: numero e calcolo

Stando al modello cognitivo-rappresentazionale utilizzato per decenni nell'ambito delle scienze cognitive, per prendere qualcosa con la mano il cervello dovrebbe effettuare processi pianificati in maniera seriale: riceverebbe informazioni dalle aree sensoriali, a cui seguirebbe l'intervento delle aree associative e quindi cognitive, e infine verrebbe coinvolta l'area motoria.

Il soggetto, in quanto portatore di raffigurazioni consapevoli e inconsapevoli, sarebbe dotato di sistemi sensoriali che gli permettono di acquisire determinate proprietà dell'ambiente, come le forme, la luce, i suoni, i sapori.

La concezione prevalente, protrattasi fino alla fine del secolo scorso, si è a lungo fondata sull'assunto che a determinate zone del cervello corrispondessero precise funzioni mentali e motorie. Si tratta del modello *localizzazionista* o *modulare* che trova nella frenologia del XVIII secolo la sua matrice e che ha confinato l'interpretazione della diversità strutturale delle varie aree cerebrali a una loro mera compartimentalizzazione funzionale, convalidando una visione di comunicazione unidirezionale fra un'area *che sa*, *interpreta* e *convoglia* le informazioni percettive verso un'area *che fa*, votata invece alla pianificazione e all'esecuzione dei movimenti, con un'assenza pressoché totale di feedback fra le diverse aree, o al massimo un feedback relegato a un compito di natura secondaria. Il modello prevedeva che le informazioni provenienti da aree cerebrali delegate alla percezione venissero trasmesse ad aree associative, deputate all'elaborazione di questi dati con il compito di "metterli insieme" e creare le "rappresentazioni", con l'obiettivo di inviare il risultato elaborato alle aree motorie in modo che queste organizzassero ed eseguissero i movimenti e punta di questa concezione era il dato che nessuna funzione cognitiva potesse afferire al sistema motorio.

Il ruolo periferico del sistema motorio qui descritto è attualmente seriamente smentito dalle ricerche in campo neuroscientifico, le quali evidenziano in modo inconfutabile l'integrazione fra sistema motorio e sistema meramente percettivo. Il sistema motorio non è periferico e isolato dal resto delle attività cerebrali, bensì consiste nell'interazione di aree cerebrali in grado di contribuire alle trasformazioni senso-motorie da cui dipendono l'individuazione, la localizzazione degli oggetti e l'attuazione dei movimenti richiesti dagli atti compiuti nella nostra esperienza quotidiana. Processi considerati tradizionalmente di ordine superiore e attribuiti al sistema intellettivo, quali la percezione, il riconoscimento di movimenti, atti e azioni altrui, l'imitazione, le forme di comunicazione gestuali o vocali, rimandano al sistema motorio e trovano in esso il proprio substrato neurale primario. Di conseguenza negli ultimi 20 anni si è assistito a una completa revisione del modo semplicistico di concepire il funzionamento e l'organizzazione del sistema motorio, facendo emergere il fatto che esso è condizione e attore della *percezione* e della *cognizione*.

È stata anche sconfitta la tesi che gli atti finalizzati, come l'afferrare una mela per mangiarla, resi familiari dall'esperienza motoria e, in misura minore, percettiva, potrebbero essere compresi per effetto del funzionamento di un meccanismo di *simulazione*, un *fare finta che* o un *immaginare che*, perché non è necessario ricorrere al concetto di *simulazione*, che richiama la *rappresentazione*, cioè uno stadio intermedio fra percezione e azione, una sorta di "terzo uomo", come se la percezione non fosse essa stessa un atto e un processo. Meglio quindi accedere direttamente al concetto di *embodied cognition*, che suggerisce l'immediatezza della comprensione.

Il sistema motorio non è quindi più ammissibile come sistema periferico e isolato dal resto delle attività cerebrali, bensì si configura come una sorta di ragnatela in grado di contribuire alle trasformazioni senso-motorie da cui hanno origine l'individuazione e la localizzazione degli oggetti, delle sostanze discrete e la centralità nella comprensione, anche di attività "superiori" dell'essere umano, la svolge il corpo con le sue diverse parti anatomiche e i suoi terminali nervosi. Attualmente emerge che l'esperienza del corpo (percezioni, sensazioni, emozioni, linguaggio) rappresenta la base per ogni diverso tipo di astrazione concettuale e ciò coinvolge anche il numero e il calcolo, l'aritmetica e la geometria, il continuo e il discreto.

Questa mutata ottica ha avuto e sta avendo importanti risvolti in almeno quattro ambiti:

- la relazione che gli esseri umani hanno con i manufatti;
- la relazione fra esseri umani e fra questi e gli animali, le piante; i dipinti, le sculture, i film, le performance teatrali, la letteratura;
- il linguaggio verbale e scritto;
- i concetti concreti, astratti ed emozionali;
- le quantità e il calcolo.

Questo mutato paradigma ha coinvolto quindi anche le ricerche intorno al numero e al calcolo, il che ha portato a un intreccio particolarmente fertile fra psicologia evolutiva e neuroscienze.

La psicologia evolutiva ha per esempio messo in luce che la misura di quanto a lungo un bambino guarda un oggetto consente di valutare l'interesse del neonato (Anteli, Keating 1983), il che dimostrerebbe una primitiva rappresentazione della quantità. Un'ulteriore conferma viene da un esperimento che ha comprovato l'aspettativa numerica in operazioni additive su bambini con lo stesso grado di anzianità, cosicché il bambino «non è una tabula rasa che acquisisce i concetti matematici per pura astrazione» (Dehaene 2007, p. 101). Inoltre, la capacità numerica del calcolo esatto sembra essere connessa al linguaggio (Ibidem), mentre quella del calcolo approssimato non risiederebbe nel campo verbale, bensì in quello visuo-spaziale.

È anche emerso che le esperienze che il bambino compie hanno un ruolo fondamentale nell'attivazione dei circuiti cerebrali di cui l'essere umano già dispone e sembra che le regioni del cervello coinvolte nei processi *quantitativi* che determinano lo sviluppo del senso del numero siano sì sotto il controllo genetico (Spelke 2002), cioè hanno una certa forma di "Idea ereditata", ma con molte varianti.

Gli studi di Stanislas Dehaene sembrerebbero dimostrare che la facoltà di contare sia soprattutto ereditata e che i singoli numeri si acquisiscano dall'esperienza, cosicché elaboriamo gli *oggetti ideali* a partire dall'esperienza di quelli sensibili, come ipotizzava Aristotele, tuttavia siamo in grado di procedere oltre le forme iniziali e di agire nel campo della pura astrazione. Tale è, per esempio, la costruzione della geometria razionale, che prende le mosse dalla geometria intuitiva, ma che poi se ne discosta, proprio per la sua capacità di concepire enti puramente ideali, che non trovano riscontro nei dati sensibili, pur presentando con essi una rassomiglianza a tutti gli effetti. È un po' come la relazione fra le Idee platoniche e le cose sensibili, dove queste ultime nel mondo terrestre costituiscono delle copie più o meno fedeli delle prime; così la geometria razionale rispetto alla geometria intuitiva si baserebbe sull'intuizione, generalizzando dati che derivano dall'osservazione empirica.

Secondo Dehaene uno degli strumenti interessanti per comprendere che nei bambini il concetto di numero è ereditato è il pallimetro, composto di barrette e piani di legno di varie dimensioni con incavi, su cui il bambino deve posizionare un numero di palline pari a quello che vuole rappresentare. Per di più, la barretta da un incavo, vuota, permette di dare una rappresentazione fisica/visibile del numero zero, che così non è più identificato con qualcosa che non c'è, con il vuoto. Il pallimetro permette di lavorare con i numeri, di fare operazioni e ripartizioni senza passare per la scrittura e di visualizzare le quantità, così come la nostra immagine interiore del numero suggerisce; è pertanto uno strumento che sviluppa la capacità di transcodifica del numero-parola a numero-simbolo, e consente di "dimenticare la scrittura" e di stimolare il calcolo mentale attivando una sorta di mondo interiore in cui l'intuizione prende forma. Oltre a tutto il pallimetro permette di introdurre basi diverse di numerazione, e questo può risultare utile e interessante «non tanto per la conoscenza delle altre basi, quanto per una migliore comprensione della base dieci, delle operazioni aritmetiche, delle frazioni, dei numeri con virgola e dei concetti di raggruppamento e simbolizzazione, fondamentali nella scrittura posizionale del numero» (Dehaene 2007, p. 193).

Uno studio pionieristico (Starkey, Cooper 1980) ha portato elementi a favore della tesi che vi siano concetti ereditati[6] relativi all'intelligenza numerica, e ha messo in luce, utilizzando la tecnica dell'abituazione-disabituazione, come bambini di soli 4-6 mesi reagiscono alla numerosità (Anteli, Keating 1983).

Il modello di Dehaene è detto "modello del triplo codice"; vi sono infatti tre diversi codici rappresentati in tre diverse aree cerebrali: processamento codice arabico (aree occipito-temporali ventrali bilaterali); codifica verbale dei numeri (aree perisilviane sinistre); rappresentazione analogica delle quantità (aree intraparietali bilaterali). Per Dehaene ci sono due rappresentazioni esatte di numerosità: a) rappresentazione esatta di numerosità per piccole quantità (subitizing), basata sulla percezione immediata della quantità, che si evolve da 2-3 elementi nei bambini prescolari a 4-5 elementi negli adulti; b) rappresentazione approssimata di numerosità anche per grandi quantità, basata sulla rappresentazione della linea dei numeri. Questo sistema verrebbe gradualmente messo in relazione con i sistemi simbolici di rappresentazione dei numeri per l'enumerazione e il calcolo.

---

6 Quello che differenzia la posizione assunta in questo lavoro e che si discosta da quella avanzata da coloro che si rifanno alla sola dimensione genetica "pura" è il fatto che si richiamano le tesi di coloro che sottolineato il carattere *enattivo* della dinamica evolutiva e l'assunzione che il processo *epigenetico* è costitutivo e co-costitutivo dei caratteri innati, trasmissibili e mutabili.

Quindi, il nostro cervello tratterebbe in maniera diversa gli insiemi contenenti al massimo tre elementi da quelli più grandi. La percezione della quantità per i numeri fino a tre sarebbe istantanea: non contiamo ma ne percepiamo immediatamente la presenza. Si tratta di una vera e propria subitizzazione. Anche i nostri 2 e 3 altro non sono che varianti grafiche, rispetto alla notazione araba da cui discendono, di due e tre tratti orizzontali sovrapposti. A partire dal 4, la notazione diventerebbe simbolica e corrisponderebbe a una capacità quasi esclusivamente umana di superare i limiti della percezione immediata delle quantità numeriche[7]. Il tempo necessario per decidere la numerosità di un insieme aumenterebbe in modo lineare passando da tre a sei. Quindi, più un

---

[7] I ratti e i piccioni, sono capaci di compiere calcoli elementari e sono in grado di rappresentare mentalmente delle quantità e di trasformarle secondo certe regole aritmetiche. Le loro capacità si basano su un accumulatore, un circuito cerebrale che funziona come una calcolatrice, in grado di tenere un registro di diverse grandezze numeriche. Si tratta di un vero e proprio senso numerico che permette la percezione del numero allo stesso modo di quella del colore, della forma o della posizione degli oggetti e offre, sia all'animale che all'essere umano, un istinto del numero, un'intuizione diretta delle quantità numeriche.
Nonostante la stretta relazione fra le prestazioni di varie specie di vertebrati con quelle umane nel manipolare quantità numeriche, solo fra esseri umani e primati c'è, al momento, una conferma di una profonda omologia dei substrati neurali che codificano per spazio, tempo e numero. E comunque i processi molecolari e cellulari sottostanti sono ancora sconosciuti.
Tuttavia, a spingere i ricercatori verso l'ipotesi di una continuità filogenetica è il fatto che, nei vertebrati finora studiati, la cognizione numerica ha identiche caratteristiche, come l'effetto della distanza (è più facile confrontare 3 e 6 piuttosto che 4 e 5) e un effetto della grandezza (è più facile distinguere 2 e 3 piuttosto che numeri grandi, come 10 e 11).
Nel corso della sua evoluzione l'essere umano è stato dotato di un meccanismo supplementare rispetto all'animale: il linguaggio e, più in generale, la capacità di immaginare un vasto sistema di simboli scritti e orali. Nella matematica simbolica, un'impresa molto complessa, intervengono circuiti collegati o derivati da quelli linguistici, sia lessicali che grammaticali, insieme alla memoria e alla capacità di coordinamento (Starkey, Spelke, Gelman 1990; Van Loosbroek & Smistman 1990; Butterworth 1999).

numero è grande, più diminuirebbe la precisione della sua rappresentazione mentale, e per indicare questa incertezza usiamo i numeri approssimati.

La stessa abilità nel calcolare, sempre secondo Dehaene, rappresenta un processo cognitivo estremamente complesso. In letteratura, infatti, l'abilità di calcolo è stata classificata da diversi autori come una capacità multifattoriale comprendente diverse funzioni quali, per esempio, quelle verbali, spaziali, di memoria e le abilità di esecuzione.

Questioni aperte su numero e calcolo

Dall'osservazione emerge che i bambini imparano a contare in modo corretto intorno ai tre anni e mezzo, arricchendo la loro padronanza della corrispondenza biunivoca: diventano consapevoli che si può variare l'ordine degli oggetti purché non se ne salti nessuno e nessuno venga contato più volte, e similmente la recitazione dei numerali non faccia salti o ripetizioni (uno, due, quattro, sette); ma spesso alla fine del conto ancora non posseggono il principio di cardinalità; a esso arrivano solo verso la fine del quarto anno. Poi incominciano a fare l'addizione, per esempio 2+1+4, con le dita, contando prima una mano e poi l'altra, magari usando il naso come indicatore; quindi passano a contare a voce, e devono imparare a contare quanto si conta, con il secondo addendo; la fase successiva è quella in cui partono da 2 invece di contare anche fino a 2; infine passano a contare partendo dall'addendo maggiore

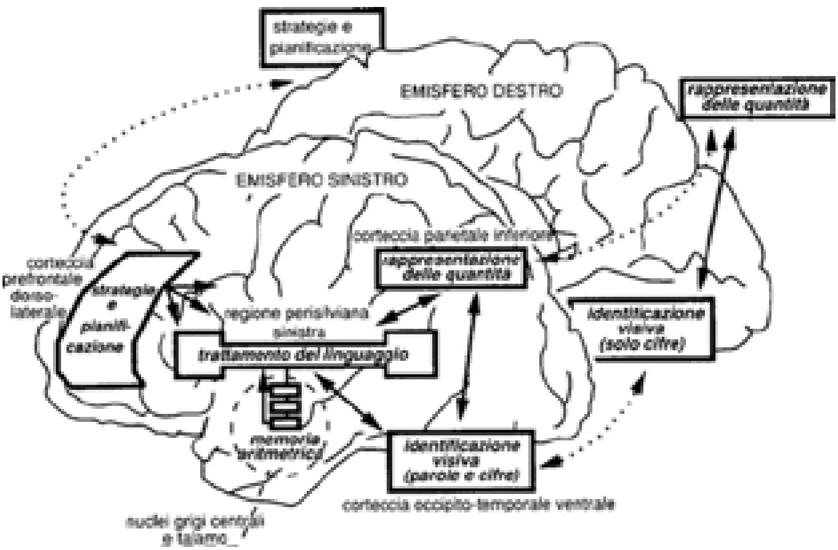
I bambini che già dispongono chiaramente del principio di cardinalità non superano il compito della conservazione del numero perché principi (ereditati) diversi entrano in gioco nei due compiti dell'uso del linguaggio e dell'apprendere a contare.

I bambini seguono infatti due precisi principi del linguaggio.

Il primo è che gli oggetti della stessa categoria ricevono la stessa etichetta, o nome comune; il secondo principio impone che se un oggetto ha un'etichetta non può riceverne un'altra dello stesso livello categoriale. Di fronte a quattro cucchiai in fila, ognuno riceve la stessa etichetta «cucchiaio», «cucchiaio», «cucchiaio», «cucchiaio»; nel contarli, essi ricevono invece le etichette «uno», «due», «tre», «quattro», e se varia l'ordine, lo stesso cucchiaio riceve etichette diverse.

I principi del contare derivanti dal linguaggio sono quindi quelli dell'irrilevanza dell'oggetto e della stabilità dell'ordinamento, da cui i bambini imparano che i termini numerici non sono nomi degli oggetti e memorizzano in modo diverso rappresentazioni pertinenti al contare e al nominare, circostanza che suggerisce l'"innatismo" di questi diversificati principi guida o che rimanda alle scoperte neuroscientifiche connesse al linguaggio.

A oggi le aree identificate come coinvolte nei processi di elaborazione del numero e del calcolo sono raffigurate nell'immagine sottostante.



Nel bambino la stima numerica, il confronto, il contare, le addizioni e le sottrazioni semplici esistono spontaneamente, senza un'educazione esplicita, inoltre i bambini hanno un'aspettativa numerica in operazioni additive, inoltre i neuroni della corteccia parietale dei due emisferi entrano in attività soltanto in presenza di numeri e restano sistematicamente silenziosi davanti ad altre parole, quindi, l'intuizione dei numeri è saldamente ancorata nel nostro cervello.

Attualmente i campi di indagine neuroscientifica legati alla matematica si possono così schematizzare:

A) Ipotesi specifiche sull'acquisizione della conoscenza numerica:

1. come compare e si sviluppa la capacità di riconoscere le quantità;
2. come compare e si sviluppa la capacità di codificare le quantità attraverso il sistema verbale dei numeri;
3. come compare e si sviluppa la capacità di utilizzare il sistema simbolico dei numeri arabici.

I nuclei di indagine legati a questi complessi ambito sono a loro volta indirizzati a

- lo sviluppo della conoscenza numerica preverbale
- lo sviluppo delle abilità di conteggio
- lo sviluppo delle abilità di lettura e scrittura del numero

B) Rapporto fra la conoscenza numerica e le altre competenze cognitive: la prospettiva assunta dalle ricerche contemporanee e soprattutto legata all'interdipendenza cognitiva dei sistemi di elaborazione dei numeri e del linguaggio. In specifico sono oggetto di attenzione:

1. la sequenza numerica;
2. la corrispondenza uno a uno fra le parole numero e gli elementi contati;
3. il valore cardinale dei numeri.

La centralità del corpo è posta al centro, in quanto gli strumenti concettuali matematici si dividono in quattro categorie principali:

1. uso di parti del corpo: dita delle mani, dei piedi, naso, braccia, gambe;
2. linguaggio vocale: vocaboli speciali usati per contare;
3. linguaggio scritto: simboli numerici;
4. aiuti esterni frutto dell'applicazione della conoscenza umana: incisioni di tacche, calcolatrici, etc.

Certamente quella che trova oggi maggiore conferma è la teoria di Stanislas Dehaene poiché è comprovata anche dagli studi del neuropsicologo Brian Butterworth (1999) e dal matematico Keith Devlin (2000).

Quello che sappiamo è che:

- la sede del cervello dove si trova la capacità di riconoscere i numeri (Parvizi et al. 2013) è una porzione di mezzo centimetro situata nel giro temporale inferiore, una regione superficiale della corteccia esterna, interna all'area che processa le informazioni visive. Ci si domanda però come il "circuito del calcolo" si connetta a questa area cerebrale, cioè quali e quando certe aree si connettono;
- la capacità di ragionare sui numeri a livello formale viene acquisita dopo quella di manipolare quantità di oggetti (Spelke 2002);
- il cervello umano stima la numerosità degli stimoli presenti nell'ambiente esterno (atto percettivo) con gli stessi circuiti cerebrali con cui ciascuno di noi conta il numero dei nostri stessi movimenti (azione intenzionale). Il senso del numero è, cioè, condiviso fra la percezione e l'azione (Anobile, Arrighi, Togoli, Burr 2016);
- le costruzioni matematiche più astratte sono il frutto maturo dell'attività coerente del nostro cervello e di quello di altri milioni di persone che, prima di noi, hanno forgiato e selezionato gli strumenti matematici. Costruzioni matematiche che possono essere espresse solo attraverso un complesso formalismo mate-

matico sono basate sull'ereditario senso della quantità e sulla nostra conoscenza intuitiva di spazio, tempo e numerosità (Amalric, Dehaene 2016; 2018);

- la capacità numerica del calcolo esatto sembra essere connessa al linguaggio (o forse meglio al *ritmo* de linguaggio), mentre quella del calcolo approssimato non risiede nel campo verbale, bensì in quello visuo-spaziale (Dehaene 1995);

- anche il pensiero matematico più sofisticato si fonda sui circuiti neurali che ci permettono una conoscenza intuitiva dei piccoli numeri e che sono chiaramente distinti dai circuiti che gestiscono il linguaggio,

- le regioni attivate nei matematici dalle proposizioni matematiche di alto livello sono le stesse che vengono attivate – sia nei matematici che nei non matematici – dai piccoli numeri e da operazioni minimali su di essi. Pertanto anche il pensiero matematico, il più sofisticato, si basa sulla stessa rete neurale del fondamentale "senso del numero";

- con la crescita del cervello non si ha un aumento della potenza di questo modulo, ma su di esso s'inserisce lo sviluppo della matematica simbolica e qui interverrebbero i circuiti del linguaggio;

- la riflessione su enunciati di tipo matematico, che non contengono numeri, attiva, nei soli matematici, una rete specifica che comprende le aree parietali e frontali della corteccia. Queste aree appaiono essere anatomicamente ben distinte da quelle implicate nel linguaggio verbale e nella conoscenza semantica, ma sono invece le medesime, seppure rivelino nei matematici di professione un'attività amplificata, usate nella valutazione di semplici problemi inerenti spazio e numero anche da chi non ha alcun addestramento particolare in matematica. L'attivazione di queste aree consente di osservare in maniera specifica, quale che sia il particolare dominio matematico espresso nell'enunciato - algebra, topologia, geometria o analisi -, lasciando invece sistematicamente escluse le aree del linguaggio. I test hanno rivelato una sorprendente relazione bi-direzionale con le abilità aritmetiche formali che si acquisiscono a scuola (Daitch, Foster, Schrouff, Rangarajan, Kasikçi, Gattas, Parvizi 2016);

- i numeri suscitano emozioni condizionate dai contesti culturali, poiché i numeri tondi come 10 o 100 veicolano durevolezza delle prestazioni (Pena-Marin 2016), tanto che i numeri tondi (0, 5) sono utilizzati dai brand per l'idea di completezza che trasmettono; i numeri più noti delle tabelline – più familiari per averli studiati e perché li ritroviamo più spesso nella realtà – danno un maggior senso di confidenza e ci piacciono di più, e vale anche per i loro multipli (Milikowski & Elshout 1995; Wang, van Loon, Van den Assem, Van Dolder 2016). La famosa metafora della mente come computer ha rafforzato l'idea di una razionalità basata su procedimenti logico-matematici e ha escluso da moltissimi campi il ruolo delle emozioni, che però come si vede rientrano sempre in gioco, come le neuroscienze hanno dimostrato in questi anni, e lo fanno anche in relazione ai numeri.

Come si evince da questo breve excursus, è palese che le tesi che in diversi luoghi Aristotele argomenta siano molto più vicine a quello che stiamo scoprendo della nostra relazione cognitiva con il numero e il calcolo di quanto non lo siano quelle esposte, in modo assai "dubbioso" e controverso, da Platone.

Riferimenti bibliografici

Amalric, M., & Dehaene, S. (2016), *Origins of the brain networks for advanced mathematics in expert mathematicians*, in *PNAS Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 113(18), pp. 4909-4917.

Amalric, M., Denghien, I., & Dehaene, S. (2018), *On the role of visual experience in mathematical development: Evidence from blind mathematicians*, in *Developmental Cognitive Neuroscience*, 30, pp. 314-323.

Anobile, G., Arrighi, R., Togoli, I. & Burr, D. C. (2016). *A shared numerical representation for action and perception*, in *Elife*; https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwin.pisavisionlab.org%2FPDF_Publications_PisaVisionlab%2FGiovanni_Anobile_Publications%2F2016_Anobile_aSharedNumerical.pdf.

Antell, S. E., Keating, D. P. (1983), *Perception of numerical invariance in neonates*. *Child Development*, 54(3), pp. 695-701; http://dx.doi.org/10.2307/1130057.

Butterworth B. (1999), *What Counts* (tr. it. *Intelligenza Matematica*, Rizzoli, Milano 1999).

Daitch, A. L., Foster, B. L., Schrouff, J., Rangarajan, V., Kasikçi, I., Gattas, S., Parvizi, J. (2016), *Mapping human temporal and parietal neuronal population activity and functional coupling during mathematical cognition*, in *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*; https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5135371/ .

Dehaene S. (2007), *Les neurones de la Lectura* (tr. it. *I neuroni della lettura*, Raffaello Cortina, Milano 2009).

Devlin K. (2000), *The Math Gene: How Mathematical Thinking Evolved and Why Numbers Are Like Gossip*, (tr. it. *Il gene della matematica*, Longanesi, Milano 2002).

Frege G. (1884), *Die Grundlagen der Arithmetik: eine logisch-mathematische Untersuchung* über *den Begriff der Zahl* (tr. it. *I fondamenti dell'aritmetica. Un'indagine logico-matematica sul concetto di numero*, Bompiani, Milano 2001).

Heidegger M. (1975), *Die Frage nach dem Ding. Zu Kants Lehre von den transzendentalen Grundsatzen*, in *Gesamtausgabe*, vol. 41 (tr. it. *La questione della cosa. La dottrina kantiana dei principi trascendentali*, Guida, Napoli 1989).

Husserl E. (1894), *Psychologische Studien zur elementaren Logik* (tr. it. *Logica, psicologia e fenomenologia. Gli oggetti intenzionali e altri scritti*, il melangolo, Genova 1999).

Kant E. (1781, 1787), *Kritik der reinen Vernunft* (tr. it. *Critica della ragion pura*, Laterza, Bari 1972). 1787

Lo Piparo F. (2003), *Aristotele e il linguaggio*, Laterza, Roma-Bari 2003.

Milikowski, M., & Elshout, J. J. (1995). *What makes a number easy to remem-*

ber? In *British Journal of Psychology*, 86, pp. 537-547.
Parvizi J et al. (2013), *A Brain Area for Visual Numerals*, in *Journal of Neuroscience* 2013, 33 (16) pp. 6709-6715; https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.4558-12.2013 .
Pena-Marin J. (2016) *Neuronal Population Responses in the Human Ventral Temporal and Lateral Parietal Cortex During Arithmetic Processing with Digits and Number Words* in *PNAS*, 2016 113 (46) pp. E7277-E7286.
Reale G. (1991), *Per una nuova interpretazione di Platone. Rilettura della metafisica dei grandi dialoghi alla luce delle "Dottrine non scritte"*, Vita e Pensiero, Milano.
Spelke E. S. (2002), *Conceptual Development in Infancy: The Case of Containment*, in N. Stein, P. Bauer, M. Rabinowitch (eds.), *A Festschrift for Jean Mandler*, Erlbaum, Hillsdale (NJ), pp. 223-46.
Starkey P., Cooper R. G. JR (1980), *Perception of Numbers by Human Infants*, in "Science", 210, 4473, pp. 1033-5.
Starkey, P., Spelke, E. S., & Gelman, R. (1990), *Numerical abstraction by human infants.*, in *Cognition*, 36(2), pp. 97-127.
Szlezák T. (1985), *Platon und die Schriftlichkeit der Philosophie. Interpretationen zu den frühen und mittleren Dialogen*, (tr. it. *Come leggere Platone*, Bompiani, Milano 2004).
Van Loosbroek, E. & Smitsman, W. (1990), *Visual perception of numerosity in infancy*, in *Developmental Psychology*, 26, pp. 916–922.
Vitrac B. (2005), *Les mathématiques dans le Timée de Platon: le point de vue d'un historien des sciences*, in «Études platoniciennes» 2, pp.11-78.
Wang T. V., van Loon JD P., Van den Assem M. J., Van Dolder D. (2016), *Number Preferences in Lotteries*, in *Judgment and Decision Making*, 11, pp. 243-259.
Zanatta M. (2008), *Aspetti epistemologici e ontologici della fisica e della matematica in Aristotele*, in AA VV., *Studi di filosofia antica*, a cura di M. Zanatta, Pellegrini Editore, Cosenza, pp. 133-172.