

Scienza, Musica e apprendimento

SISSA- Trieste 13-15 Gennaio 2009

Musica e Scienza tra Natura e Cultura

Renato Musto

Dipartimento di Scienze Fisiche

Università di Napoli Federico II

musto@na.infn.it

Ringrazio la SISSA per aver organizzato questo interessantissimo convegno e per avermi invitato a tenere una relazione. Le mie competenze nel campo sono molto limitate. Le poche che ho sono dovute alla mia professione di fisico teorico e di un'avventura di alcuni anni dedicati ad un'analisi de *Il Flauto Magico*¹. Ma come fisico teorico sono più abituato a studiare le vibrazioni quantizzate di una stringa relativistica che le armonie degli strumenti musicali reali. E lo studio del *Flauto Magico*, che certo ha richiesto un'analisi tecnica della sua struttura musicale, aveva principalmente finalità di critica storica ed estetica.

Nessuna delle due attività giustifica il gentile invito e quindi il mio intervento porrà principalmente dei problemi piuttosto che azzardare delle risposte. Il primo problema è una domanda di base: che cosa intendiamo per musica? Lontano da me la tentazione di voler cercare una definizione del fenomeno *musica*. Intendo, piuttosto, sottolineare che è naturale per noi, oggi, pensare alla musica come ad un fenomeno sostanzialmente sonoro. Questo è stato reso possibile dall'ascolto *privato*, separato nello spazio e nel tempo dal luogo e dal momento della produzione della musica. Uno sviluppo della dimensione musicale reso possibile dalle trasmissioni radiofoniche e dalle diverse forme di registrazione e riproduzione sonora. Un vecchio disco di vinile delle *Partite per violoncello solo* di Bach lasciava ancora percepire nella stupenda interpretazione di Pablo Casals il suono del suo

¹ R. Musto e E. Napolitano *Una Favola per la Ragione - Miti e Storia nel Flauto Magico di Mozart*, Feltrinelli 1982 - Bibliopolis 2006.

fiato, restituendo la percezione del *corpo*, un elemento centrale del fenomeno *musica* che oggi può venire dimenticato.

Ma non è stato sempre così e non è così in molti situazioni ancora oggi. In diverse società tradizionali il fenomeno *musica* non è pensabile come un'attività isolata, indipendente e specializzata. Esso appare solo all'interno di attività e funzioni sociali a cui è inseparabilmente legato. La musica è presente nei momenti centrali della vita degli individui e delle comunità, dalla comunicazione madre-figlio ai modi del corteggiamento, dalle cerimonie di nascita e di morte ai riti di passaggio, dai rituali religiosi e civili alle feste e al gioco. Il termine *musica*, o il suo equivalente nelle lingue occidentali, ci trasmette immediatamente l'idea della separabilità del fenomeno sonoro e di una sua intatta capacità indipendente di comunicazione finendo col nascondere il complesso unitario in cui è inserito. In altre culture un unico termine comprende l'insieme inseparabile delle attività del danzare, del cantare e del suonare strumenti. Quella che noi chiamiamo musica è percepita, nelle cerimonie di passaggio e nei rituali religiosi, come la via di comunicazione con potenze ultraterrene². Anche nell'antica Grecia il processo formativo dei giovani richiedeva l'educazione nella *coreièa* (l'insieme di danza, canto e musica strumentale).

Ho sottolineato la presenza universale del fenomeno *musica* e, al contempo, la sua complessità storica e culturale che lo collega a specifiche situazioni sociali e individuali perché questo è un dato centrale (e insieme un problema) da cui nessuna analisi può prescindere.

Così se vogliamo partire dal punto iniziale del rapporto tra musica e scienza nella tradizione occidentale dobbiamo considerare la concezione pitagorica nella sua interezza. In questa tradizione la corrispondenza tra i rapporti di numeri interi, la consonanza musicale dei suoni della lira o dell'*aulos* e la lunghezza delle corde o la distanza tra i fori in questi strumenti non è percepito tanto come un fenomeno fisico-matematico quanto la rivelazione, in un settore limitato dell'attività umana di un principio formativo universale di *armonia*. Proiettato sull'intero cosmo questo principio, al contempo filosofico e religioso, non perde né il suo carattere matematico né quello musicale.

² I. Cross *Music, Culture and Evolution* Ann. N.Y. Acad. Science **930** 28-42 (2001).

Secondo la testimonianza del commentatore di Aristotele, Alessandro di Afrodisia, i pitagorici pensavano che i pianeti più vicini, ritenuti più lenti, producono un suono più grave, i più veloci e più lontani un suono più acuto: “la distanza del sole dalla terra è il doppio di quella della luna, il triplo quella di Venere, il quadruplo quella di Mercurio, *etc.*”³. Si ritrovano così nell’armonia celeste gli intervalli musicali consonanti, d’ottava (2:1), di quinta (3:2), di quarta (4:3). Seguendo il principio dell’armonia universale le distanze e le velocità dei pianeti vengono determinate, indipendentemente da ogni dato fattuale, dalle regole della consonanza e dalle leggi note degli strumenti musicali, per cui vibrazioni più rapide dell’aria danno suoni più acuti. Ma sarebbe errato pensare a quest’armonia celeste come ad un insieme astratto di relazioni formali: malgrado le orecchie umane non possano percepirla, perché assuefatte ad essa fin dalla nascita, l’armonia celeste è letteralmente un’armonia sonora.

La musica permette allora di comprendere l’universo come un *cosmo*, un sistema ben ordinato, soggetto alle leggi matematiche che determinano i rapporti di consonanza. Usando le parole di Platone: “Come gli occhi sono destinati all’astronomia così le orecchie destinate al moto armonico e queste due scienze [l’astronomia e la musica] sono tra loro sorelle, e su questo punto siamo d’accordo con i pitagorici”⁴. Per Platone l’armonia e la razionalità geometrica costituiscono un principio ordinatore divino. “[...] e quando il dio cominciò ad ordinare l’universo, in principio il fuoco, l’acqua, la terra e l’aria, che pure avevano tracce delle loro forme, si trovavano in quello stato in cui è naturale che ogni cosa si trovi quando il dio è assente. Essendo in tale stato, il dio li adornò di forme e di figure. E che il dio ordinò insieme questi elementi, da una forma ben diversa, nel modo più bello e nobile possibile, dobbiamo dirlo”⁵. Comprendere la natura di quest’ordine significa ritrovare per via razionale le forme più belle. E la geometria fornisce la possibilità di questa costruzione ideale che conduce a quelle che oggi diremmo le soluzioni dotate della massima simmetria, i solidi platonici: il tetraedro per il fuoco, l’ottaedro per l’aria, l’icosaedro per l’acqua, il cubo per la terra e il dodecaedro, “una quinta combinazione di cui il dio si servì per adornare l’universo”. Un unico

³ cit. in Alessandro Barbone *La teoria Pitagorica dell’armonia celeste*, in corso di pubblicazione su *Logos*, Rivista del Dipartimento di Filosofia A. Aliotta, Università di Napoli Federico II. Si rinvia a questo interessante articolo per ulteriori riferimenti bibliografici.

⁴ Platone, *Repubblica* Libro VII.

⁵ Questa e le citazioni immediatamente seguenti Platone, *Timeo*.

principio di bellezza, basato sulla regolarità e la simmetria geometrica, e di armonia, basata su rapporti numerici ordina il mondo. Così quello che “è di utile nel suono della musica è stato donato all’udito a causa dell’armonia e l’armonia, dotata di movimenti affini ai circoli della nostra anima [...] non sembra utile, come si crede ora, a procurare un piacere irragionevole: ma essa è stata data dalle muse per ordinare e rendere consono con se stesso il circolo della nostra anima che fosse diventato discorde”. L’armonia della musica, che restituisce “grazia e misura” all’animo umano, costituisce anche il principio secondo cui il dio ha strutturato l’anima del mondo: “Cominciò a dividere così: prima tolse dal tutto una parte, dopo di questa tolse una doppia della prima, quindi una terza, una volta e mezza più grande della seconda e tre volte della prima, una quarta, doppia della seconda, una quinta tripla della terza, una sesta che era otto volte la prima, una settima, ventisette volte più grande della prima”. Un demiurgo matematico e musicista allo stesso tempo ordina il mondo secondo le serie geometriche di ragione due e tre, che sono anche alla base dei rapporti musicali consonanti.

Come è ben noto, dobbiamo all’influenza della tradizione platonica e pitagorica su scienziati quali Keplero e Galilei se, fin dall’inizio della scienza moderna, è stato riconosciuto che il gran libro della natura è scritto in caratteri matematici e che solo questo linguaggio permette di leggerlo e interpretarlo, quasi come una nuova Scrittura. Di qui deriva il riconoscimento dell’importanza delle proprietà di simmetria e del ruolo giocato, nella formulazione delle spiegazione dei fenomeni e nella costruzione delle teorie, dall’idea di bellezza, intesa come semplicità, trasparenza e coerenza formale. Meno noto e, forse, utile da ricordare è il modo specifico in cui l’idea di armonia ed i principi geometrici sono entrati nell’attività scientifica concreta di Keplero e lo hanno condotto agli importanti risultati da lui conseguiti.

Keplero considera l’armonia, e analogamente la geometria, un “archetipo”, un istinto innato, che porta a ricercare e riconoscere nei fenomeni della natura i giusti rapporti e le corrette proporzioni, l’“armonia sensibile”⁶ che regna tra le parti e tra le parti e il tutto. Non un’idea mistica di bellezza e di armonia, immobile chiusa nella perfezione di un’unità indistinta che riflette se stessa, come il termine “archetipo” potrebbe far pensare, ma un’idea guida, capace di orientare l’attività scientifica di Keplero per tutta la

⁶ Questa e le citazioni seguenti da G. Keplero *Harmonices Mundi*. Sui rapporti tra l’armonia come archetipo e l’armonia sensibile dei fenomeni in Keplero si veda E. Cassirer *Storia della Filosofia Moderna I* Il Saggiatore 1968.

sua vita. Ecco come lui stesso ricorda la propria visione e gli sforzi compiuti per realizzarla, commentando la scoperta di quella che è indicata oggi come la terza tra le leggi sui moti planetari che portano il suo nome: “Quello che ho proposto venti anni fa appena ho scoperto la relazione tra i cinque solidi⁷ e le orbite celesti – quello in cui ho fermamente creduto molto prima di aver visto il libro *Armonici* di Tolomeo – quello che avevo promesso ai miei amici nel titolo di questo libro, cui avevo dato nome prima di esser sicuro della mia scoperta, – quello su cui sedici anni fa insistevo come cosa da cercare, – quello per cui ho lavorato con Tycho Brahe, per cui ho vissuto a Praga, per cui ho dedicato la parte migliore della mia vita ai calcoli astronomici, alla fine l’ho portato alla luce e ho riconosciuto la sua verità al di là delle mie più ottimistiche attese”.

Anche nell’evidente entusiasmo per la scoperta che lo porta ad esaltare la lungimiranza della propria visione Keplero non dimentica il ruolo essenziale dei dati astronomici ottenuti dalle osservazioni di Tycho Brahe, che avevano raggiunto una precisione di circa due minuti d’arco, la migliore ottenibile prima dell’avvento del telescopio. Né dimentica certo il proprio sforzo di calcolo necessario, ad esempio, a ricostruire i moti dei pianeti intorno al sole a partire dalle osservazioni terrestri, passo indispensabile per poter scoprire le vere armonie del sistema solare. La realtà dei fenomeni naturali e la complessità della loro elaborazione matematica, necessaria per interpretarli, entra con Keplero nella tradizione platonico-pitagorica e la modifica profondamente. Si pensi al tono quasi da empirista con cui difende i propri risultati dalle critiche espresse dall’alchimista rosacrociano Robert Fludd: “Io per me studio i moti visibili e determinabili dagli stessi sensi, tu considera pure gli atti interni e industriati a distinguere per gradi; io tengo la coda ma la tengo per mano, tu afferra il capo con la mente, a meno che tu

⁷Nel *Mysterium Cosmographicum*, pubblicato per la prima volta a Tubinga nel 1596, a soli 24 anni, Keplero mostra che le distanze dei pianeti dal sole permettono una ricostruzione geometrica del sistema solare, mediante l’uso dei solidi platonici: “Sia l’orbita della terra la misura di riferimento. Se la circoscriviamo con un dodecaedro, la sfera che lo inscrive contiene l’orbita di Marte. Se costruiamo intorno a Marte un tetraedro, la sfera che lo inscrive contiene l’orbita di Giove. Finalmente se costruiamo intorno a Giove un cubo, la sfera che lo inscrive è l’orbita di Saturno. Ma se costruiamo un icosaedro all’interno dell’orbita della terra, la sfera ad esso inscritta è l’orbita di Venere. Costruiamo all’interno dell’orbita di Venere un ottaedro, la sfera inscritta è l’orbita di Mercurio”. L’importanza attribuita da Keplero a quest’opera è testimoniata dalla sua decisione di pubblicarne una seconda edizione 25 anni dopo a Francoforte.

non stia sognando; io mi accontento degli effetti, cioè del moto dei pianeti, tu se trovassi nelle cause stesse armonie tanto trasparenti quanto le mie nei moti, sarebbe allora giusto congratularsi con te per l'invenzione, quanto con me per l'osservazione, non prima, però, che la si possa percepire"⁸. Si confrontino ora queste parole con il diffidente atteggiamento di Platone verso l'osservazione astronomica: "Gli ornamenti del cielo si possono ritenere i più belli e perfetti tra quelli intessuti nella stoffa del mondo visibile, ma sono di gran lunga inferiori a quelli veri, nei quali la velocità e la lentezza reale si muovono in relazione reciproca e muovono gli oggetti che racchiudono in sé secondo il vero numero e tutte le vere figure; ciò si può cogliere con la ragione e il pensiero, non con la vista"⁹. In Keplero il rapporto tra il "mondo visibile" e i modelli ideali si articola nei modi propri della scienza moderna. Gli stessi fenomeni naturali non sono più un dato immediato ma vengono anch'essi sottoposti ad una valutazione intellettuale ed una ricostruzione matematica. La ricostruzione di una nuova immagine del mondo non si fonda più su descrizioni qualitative ma deve risultare adeguata alla precisione delle osservazioni esistenti. Lo stesso Keplero narra di come abbia abbandonato i suoi precedenti tentativi di ricostruire l'orbita di Marte, insoddisfatto di uno scarto di otto primi rispetto alle osservazioni. La sua scoperta del carattere ellittico delle orbite (prima legge di Keplero), e della legge delle aree (seconda legge di Keplero), è quindi frutto di una determinazione a non considerare privo di significato un errore a quei tempi facilmente trascurabile.

È questa rottura dell'antico modello delle orbite circolari e delle velocità angolari costanti che permette a Keplero di ricercare nel cosmo un'inattesa molteplicità di nuove armonie, confrontando i rapporti delle velocità angolari all'afelio e al perielio, di uno stesso pianeta e di pianeti vicini, con i rapporti armonici. L'intero concetto di armonia musicale è cambiato. Keplero invita il musicista a non limitarsi più all'antica musica monodica dei greci con i tradizionali intervalli musicali ritenuti accettabili, ma di fidarsi del proprio orecchio e della propria arte, di considerare nuovi intervalli come consonanti, pensando alla musica del proprio tempo. Più che all'intonazione di strumenti musicali il riferimento è alla voce umana, anzi alla molteplicità di voci umane, della nuova musica polifonica fiamminga, per cui Keplero ritrova nel cosmo un vero contrappunto. E, in una visione dei singoli pianeti come organismi

⁸ Per la polemica tra Keplero e Fludd si rimanda all'articolo di W. Paulinel volume *Psiche e Natura* Adelphi 2006; e alle relative appendici. Particolarmente interessante la discussione sugli aspetti teologici dell'eliocentrismo di Keplero.

⁹ Platone *Repubblica* Libro VII.

viventi individuali, gli appare legittimo chiedersi quali tra essi abbia la parte del soprano, del contralto, del tenore o del basso¹⁰. Keplero sente con orgoglio di aver svelato, duemila anni dopo le prime intuizioni dell'esistenza di un'armonia celeste, un'immagine musicale del cosmo straordinariamente nuova e complessa e si pone quasi come un profeta che sta rivelando un nuovo Libro delle Scritture¹¹. Eppure in nessun momento l'entusiasmo attenua la consapevolezza che i risultati derivano dai dati astronomici e dai calcoli che rendono possibile interpretarli.

Anche l'armonia del mondo dipende dalla precisione dei risultati. Keplero, ad esempio, associa ai rapporti tra le velocità angolari all'afelio e al perielio di Saturno e di Giove gli intervalli musicali, rispettivamente, di terza maggiore e di terza minore. Questo è giustificato perché, come egli nota, essi differiscono dai corrispondenti rapporti d'interi ($5/4$ e $6/5$) per un intervallo inferiore a quello minimo percettibile dall'orecchio umano. In questo senso specificamente tecnico Keplero aveva ragione: data la precisione dei dati astronomici a sua disposizione e la sensibilità dell'unico apparato di misura disponibile, l'orecchio umano, l'ipotesi di una complessa armonia celeste risultava sperimentalmente verificata. Naturalmente l'idea di una musica delle sfere era destinata a tramontare. Il suo lascito maggiore è, forse, nel metodo con cui Keplero l'ha perseguita, svolgendo una ricerca fisico-matematica, guidata da un ampio principio intellettuale, ma aperta e pronta ad accogliere le indicazioni della realtà sensibile.

Nel ricordare la scoperta della proporzionalità tra il quadrato dei periodi di rivoluzione dei pianeti ed il cubo della loro distanza dal sole, Keplero sottolinea con enfasi: "Grande come è il sistema assoluto dell'armonia, quale è presentato nel terzo libro, esso è tutto presente nei moti celesti, non nel modo in cui mi aspettavo, ma in un modo molto diverso, anche se perfetto e eccellente". Egli aveva cercato, per tutta la sua vita, una relazione, immaginata già dagli antichi, tra i rapporti musicali e le distanze dei pianeti, che ora il sistema eliocentrico permetteva di determinare con chiarezza. A riprova della duttilità del metodo di ricerca e della sua aderenza ai dati fattuali, il risultato finalmente ottenuto era molto diverso da quello atteso. Si può a lungo

¹⁰ Sugli aspetti più strettamente musicali si veda la voce Johannes Kepler in *The new Grove Dictionary of Music and Musicians*, London Macmillan 1980.

¹¹ "Questo è il vero Libro della Natura, nel quale Dio Creatore ha proclamato e come tracciato la sua essenza e la sua volontà, in una sorta di scrittura senza uso di parole".

discutere se la relazione trovata sia frutto solo di una ricerca numerica empirica o se la scelta degli esponenti presenti (2 e 3) sia nata dalla suggestione dei rapporti consonanti. Certo è che la terza legge di Keplero ha perso ogni carattere esplicitamente musicale. Quello che resta dell'armonia del mondo è il senso di bellezza delle relazioni matematiche che esprimono leggi di natura¹².

Con questa eredità la fisica potrà percorrere ormai la sua propria strada. La musica cessa di essere una guida e una fonte d'ispirazione privilegiata, se non in momenti e situazioni particolari, e l'universo sonoro diventa oggetto di studio di un settore particolare della disciplina. Da allora, per quattro secoli, l'acustica e l'astronomia hanno progredito e si sono sviluppate seguendo, separatamente, i metodi della fisica. Ma, come osservava già Keplero il suono e "l'accordo costante tra diversi suoni" sono fenomeni di natura differente : "Ma poiché l'armonia musicale non è suono, ma un accordo di parecchi suoni ne consegue che il suo predicamento è la relazione. L'accordo infatti del quale ora parliamo è una relazione, e le cose che sono in ordine sono in relazione reciproca [...] Ogni relazione, poi, se non v'è l'intelletto, non è nient'altro che gli oggetti della relazione, perché gli oggetti della relazione non sono ciò che si dice, a meno che non si supponga un qualche intelletto che stabilisca la relazione di uno rispetto a un altro". Questa distinzione di natura logica costituisce solo un primo passo verso il riconoscimento della percezione musicale e dell'apprezzamento dell'armonia come rilevanti fenomeni cognitivi. E solo negli ultimi vent'anni vi è stato un significativo impegno e un costante sviluppo dei metodi nello studio scientifico di queste tematiche, che promettono una maggiore comprensione del funzionamento del cervello e della sua storia evolutiva.

Vi sono diverse ragioni per pensare che la comprensione dei fenomeni mentali legati alla musica possa avere un ruolo significativo nello studio dei processi cognitivi. Ad esempio, ogni processo percettivo richiede l'elaborazione del segnale in modo sufficientemente astratto da rendere possibile una rappresentazione interna stabile rispetto a variazioni sue proprie o dell'ambiente e tale da poter essere ulteriormente manipolata. Il

¹² È importante ricordare la differenza tra le tre leggi di Keplero, valide per i moti in un qualsiasi campo di forza che decresca con il quadrato della distanza, e le regolarità empiriche cercate tra i rapporti delle velocità angolari, tipiche del sistema solare. La distinzione tra i due tipi di fenomeni, resa chiara dallo sviluppo della meccanica di Newton, torna oggi di attualità con le teorie dei molti universi.

caso di una frase musicale risulta particolarmente significativo, in quanto essa è definita non tanto dai suoi elementi quanto dalla *relazione* tra di essi. Infatti, il suo riconoscimento risulta largamente indipendente da variazioni del ritmo, della tonalità e del timbro, strumentale o vocale, dell'esecuzione.

Questo fatto è particolarmente significativo giacché alla complessa struttura presente in una frase musicale corrisponde una molteplicità di distinte attività cerebrali. Gli studi neurologici mostrano come le strutture melodiche e temporali siano processate indipendentemente da aree diverse del cervello. Danni cerebrali possono impedire una corretta valutazione dei rapporti d'altezza dei suoni, ma lasciare intatto il senso del tempo. Viceversa il senso del ritmo può essere danneggiato mentre la percezione dell'altezza sonora rimane accurata. Inoltre anche le due strutture temporali della frase musicale – quella metrica, basata sulla durata dei suoni e la divisione in battute, e il ritmo, legata un complessivo battere del tempo, con l'alternarsi di accenti forti e deboli – sono processati indipendentemente dai due emisferi. Anche il riconoscimento della melodia, a cui concorrono sia il contorno melodico della frase che la valutazione degli intervalli presenti, richiedono la cooperazione dei due emisferi¹³.

Se già lo studio della percezione musicale appare un interessante terreno d'indagine negli studi cognitivi, in quanto risultato di un alto livello d'integrazione tra attività cerebrali distinte, ancora più notevole è la considerazione della molteplicità delle situazioni in cui la musica si trova fortemente integrata con altri domini cognitivi. Il caso più ovvio è la connessione con la funzione motoria, come appare dall'inscindibile legame con la danza che esiste in molte culture e dall'irrefrenabile bisogno di battere il tempo, anche quando la musica non sia ascoltata ma solo immaginata. O dai casi, molto meno piacevoli, riportati da Oliver Sachs, in cui un'ossessione musicale finisce per alterare il sistema motorio, fino a provocare una crisi epilettica¹⁴. Naturalmente la pratica dell'esecuzione musicale richiede un'attivazione del sistema motorio in stretta coordinazione con il sistema uditivo, portando, come i musicisti fanno, ad una rappresentazione mentale che è contemporaneamente uditiva e motoria. Studi sperimentali mostrano in modo controllato che, dopo una pratica sufficiente, nei pianisti si attivano

¹³ Per una rassegna si veda I. Peretz e R. J. Zatorre *Brain Organization for Music Processing* Annu. Rev. Psychol **56** 89–114 (2005).

¹⁴ O. Sachs *Musicofilia* Adelphi. Si veda anche J.C.M. Brust *Music and the Neurologist A Historical Perspective* Ann. N.Y. Acad. Science **930** 143-152 (2001).

contemporaneamente il sistema uditivo e quello motorio tanto quando essi suonano realmente che quando si limitano a ditéggiare o ad ascoltare¹⁵. Vi sono inoltre diversi studi che mostrano come, a seguito della pratica musicale, si abbia un consistente sviluppo di aree del cervello legate a specifici movimenti¹⁶. Ad esempio, il gruppo di Thomas Elbert, all'Università di Costanza, ha mostrato che, in coloro che suonano strumenti ad arco, si ha un forte sviluppo delle aree cerebrali connesse alla mano sinistra, le cui dita effettuano la complessa ditéggiatura, e non di quelle connesse con la destra, impegnata nel lavoro con l'archetto¹⁷.

Ma il fare musica è prevalentemente un'attività collettiva e, in un'esecuzione musicale, la musica coordina i sistemi auditivi, motori, respiratori, vocali degli esecutori. E, in molte situazioni la musica (come canzoni di lavoro, marce militari etc.) sincronizza le attività complesse di gruppi di esseri umani. Per non parlare delle diverse situazioni in cui la musica, che correttamente è stata chiamata il linguaggio dei sentimenti, diventa veicolo di comunicazione emotiva interpersonale. L'unico caso che discutiamo brevemente è quello relativo ai caratteri musicali dell'interazione tra il bambino e la madre o chi di lui si prende cura¹⁸.

Già il linguaggio con cui ci si rivolge al bambino ha caratteri musicali facilmente riconoscibili, con tipici profili melodici e una evidente

¹⁵ M. Bangert, U. Haeusler e E. Altenmüller *On Practice: How the Brain Connects Piano Keys and Piano Sounds* Ann. N.Y. Acad. Science **930** 425-28 (2001).

¹⁶ A. Pascual-Leone *The Brain That Plays Music and Is Changed by it* Ann. N.Y. Acad. Science **930** 315-29 (2001).

¹⁷ Cambiamenti nella corteccia cerebrale indotte da intense esperienze uditive, comprese quelle musicali, sono discusse in J. Rauschecker *Cortical Plasticity and Music* Ann. N.Y. Acad. Science **930** 330-36 (2001).

¹⁸ M. Papousek, *Intuitive parenting: A hidden source of musical stimulation in infancy*. In I. Deliège and J. Sloboda (eds.) *Musical beginnings: Origins and development of musical competence* (88-112) (1996) Oxford; H. Papousek, *Musicality in infancy research: Biological and cultural origins of early musicality*. In I. Deliège and J. Sloboda (eds.) *Musical beginnings: Origins and development of musical competence* (37-55). New York: Oxford.

accentuazione prosodica. Accanto all'uso di ninna-nanne e di canzoni per l'infanzia, la comunicazione attraverso questo tipo di linguaggio, che in lingua inglese ha il nome di "motherese" (mammese), appare un tratto universale, indipendente dalla diversità delle culture. Quanto la comunicazione con un infante abbia caratteri distintivi è dimostrato da esperimenti in cui, dall'ascolto della registrazione di una canzone cantata da una madre, si riesce a riconoscere se essa è rivolta o no al figlio, perfino in una lingua diversa dalla propria. Il carattere distintivo di questa comunicazione appare adatto alle elevate capacità musicali mostrate da bambini molto piccoli che risultano in grado di percepire cambiamenti di ritmo e differenze di un tono eppure di riconoscere una melodia anche se trasposta in una diversa tonalità. Bambini di sette mesi mostrano di ricordare brani di una sonata di Mozart e riconoscerli in un confronto con una sonata dello stesso autore e dello stesso periodo e di essere sensibili alla struttura globale del brano¹⁹. È stata dimostrata, inoltre, già tra i due e i cinque mesi di età, una chiara preferenza per musiche consonanti rispetto a quelle che contengono dissonanze. I bambini sembrano capaci di sincronizzare i loro movimenti con i ritmi materni e, prima di acquistare capacità linguistiche, di apprezzare gli aspetti comunicativi della musica e servirsene per esprimere i loro bisogni.

È difficile immaginare l'ampiezza delle implicazioni di una presenza così importante degli elementi musicali nel periodo, che segue la nascita, di rapida formazione delle sinapsi nel cervello del bambino. Studi su animali mostrano come l'allevamento di un cucciolo effettuato in un ambiente complesso e ricco di stimoli abbia effetti benefici sulla crescita e sull'interconnettività del cervello. Ed è noto come bambini fortemente trascurati nella prima infanzia possano mostrare ritardi nella crescita cerebrale e cognitiva. Appare legittimo allora pensare che la presenza della musica nei primi mesi di vita del bambino sia un elemento favorevole per le sue future capacità cognitive²⁰. Ma, considerando le sensazioni di piacere che il bambino prova durante le cure materne, risulterebbe anche importante indagare sulle relazioni tra le esperienze musicali dei primi mesi di vita del bambino e gli stati emotivi che

¹⁹ J. R. Saffran, M. M. Loman e R. W. Robertson *Infant Long-Term Memory for Music* Ann. N.Y. Acad. Science **930** 397-400 (2001).

²⁰ Vi sono alcune, ma non conclusive evidenze che un precoce apprendimento della musica possa favorire altre capacità cognitive come coordinamento spaziale o matematica. Si veda G. Schellenelleberg *Music and Nonmusical Abilities* e E. CostaGiomi, R Gilmour e E. Lefebvre *Absolute Pitch, Early Musical Instruction, and Spatial Abilities* Ann. N.Y. Acad. Science **930** 355-371 e 394-397 (2001)..

appaiono strettamente legati all'ascolto o alla percezione interiore della musica.

L'idea di Keplero dell'armonia, come un *archetipo*, un istinto innato capace di percepire con piacere relazioni di consonanza nella realtà esterna sembra confermata dal carattere spontaneamente musicale delle prime interazioni infantili. Ma il bambino incontra e inizia ad assimilare le specifiche forme del linguaggio musicale della cultura in cui viene allevato, già in questa prima fase di sviluppo, caratterizzata da intense esperienze libidiche e da un'elevata plasticità cerebrale. Così l'esempio della musica mostra esplicitamente come l'assimilazione degli aspetti culturali intervenga già nella fase iniziale di formazione di un individuo, portandolo ad una profonda identificazione con essi, per cui appare lecito concludere : “a cultura è nelle ossa”²¹.

Risulta quindi difficile tracciare precisi confini tra le capacità musicali innate del bambino e quelle acquisite. In particolare è impossibile determinare con precisione uno stato iniziale, precedente ad ogni esposizione alla musica, visto l'importanza degli stimoli uditivi nella vita prenatale. Per ottenere informazioni che aiutino a discriminare tra le capacità innate del bambino e i caratteri culturalmente acquisiti, sono state studiate le risposte all'esposizione alla musica mostrate da animali, in particolare dai primati. Ad esempio dei macachi reso²² sono stati addestrati a dare una risposta, non verbale, sull'eguaglianza o meno di due melodie, che venivano fatte loro ascoltare. In seguito essi riconoscevano come uguali due melodie che differivano solo per l'altezza a cui venivano eseguite, trasposte, l'una rispetto all'altra, di una o due ottave. Questo mostra come la percezione di un tema musicale, caratterizzato dall'altezza relativa dei suoni e non dall'altezza assoluta, non sia una capacità solo umana, ma, piuttosto, sia un carattere acquisito in una lunga storia evolutiva.

In questo tipo di esperimenti, animali vengono sottoposti all'ascolto di una musica di produzione umana, a cui non sono normalmente esposti. Ulteriori informazioni vengono fornite dallo studio della “musica” di origine animale, che oggi viene analizzata per diverse specie, dai pipistrelli alle balene, anche se le ricerche più estese, più interessanti e di più lunga tradizione sono,

²¹ C. Geertz *The Interpretation of Cultures. Selected Essays* Basic Books 1973.

²² A. A. Wright,, J.J. Rivera, S.H. Hülse, et al. *Music perception and octave generalization in rhesus monkeys*. J. Exp. Psychol. Gen. **129** 291-307 (2000).

come è ovvio, relative al canto degli uccelli²³. Questo impone una particolare attenzione nella valutazione dei risultati, giacché gli uccelli si sono separati dalla linea evolutiva a cui apparteniamo circa 300 milioni di anni fa. Comunque lo studio delle canzoni degli uccelli e del loro apprendimento costituisce uno straordinario campo di indagine in cui analizzare il ruolo degli elementi culturali e sociali e quello delle caratteristiche anatomiche degli organi di produzione sonora e delle capacità cerebrali. Infatti gli uccelli imparano le loro canzoni attraverso l'imitazione del canto di un adulto della propria specie. La mancanza di modelli da imitare, come avviene in casi di allevamento in cattività, non impedisce ad un uccello di cantare, ma la sua canzone è meno ricca e nettamente distinguibile da quella sviluppata normalmente. Alcune specie hanno un periodo di apprendimento limitato, altre possono sviluppare nuove canzoni anche dopo il raggiungimento della maturità sessuale.

L'apprendimento avviene attraverso fasi successive: dopo un periodo di produzione di suoni sconnessi, che è stata paragonata alla fase della lallazione nei bambini, vi è il periodo in cui gli uccelli si esercitano e provano a produrre una canzone che si mantiene plastica e variabile, fino a che corrisponde al modello e si cristallizza in una forma stereotipata. Questo processo richiede, da parte dell'uccello che apprende, la capacità di memorizzare e ricordare il modello e di confrontare continuamente con esso la propria produzione sonora. Infatti un intervento esterno che impedisca questa retroazione, o interferisca con essa, danneggia il risultato finale.

Il canto degli uccelli ed il suo apprendimento sono stati sotto diversi aspetti confrontati con attività umane, in particolare relative al linguaggio. Di grande interesse sono i risultati ottenuti nell'analisi delle strategie di apprendimento delle cinciallegre²⁴. È stato infatti mostrato che i maschi della specie non seguono un programma unico e definito ma gli individui giungono

²³ Si veda, ad esempio, W. H. Thorpe *The learning of song patterns by birds, with special reference to the song of the chaffinch, Fringilla coelebs* Ibis 100:535–570. (1958); P. Marler *A comparative approach to vocal learning: Song learning in white-crowned sparrows.* J Comp Physiol Psychol 71:1–25 (1970).

²⁴ W. C. Liu, T. J. Gardner, F. Nottebohm *Juvenile zebra finches can use multiple strategies to learn the same song.* Proc Natl Acad Sci U S A 101 18177–18182 (2004).

ad imitare uno stesso modello seguendo traiettorie vocali diverse. Sono state individuate due strategie principali, la prima che consiste nell'apprendimento di una canzone sillaba per sillaba, mediante numerose ripetizioni di una sillaba alla volta, la seconda che si basa sull'apprendimento della melodia nel suo insieme, mediante tentativi di riprodurre, fin dall'inizio, l'intera canzone. La scelta tra queste strategie estreme, o tra altre intermedie, ha una forte impronta sociale in quanto, come osservano gli autori, individui di una stessa nidata seguono traiettorie diverse di apprendimento.

Il canto degli uccelli, caratteristica maschile²⁵, ha una chiara funzione nell'accoppiamento e nella difesa del territorio. Rimane, invece, ancora aperta e molto discussa la questione, delle ragioni evolutive che hanno portato all'universale e diffusa presenza della musica nella vita della nostra specie. L'esistenza di individui a-musicali rende più complesso il problema, mostrando che l'ipotesi di una vita umana senza musica è pensabile. Molti, seguendo Darwin, hanno sostenuto che la musica sia stata una prima forma di linguaggio, priva di una specifica semantica. Più recentemente è stato proposto che lo sviluppo del *mammese* abbia costituito un momento importante nella storia evolutiva degli ominidi. Qui vogliamo solo suggerire un elemento che potrebbe essere utile per affrontare la questione.

Negli studi sull'evoluzione animale è stato sottolineato il ruolo svolto dalla *costruzione di nicchie*²⁶. Innumerevoli organismi modificano e in parte creano il loro ambiente locale, mediante nidi, buche, tane, sentieri, depositi etc., alterando i meccanismi selettivi. Il lavoro di modifica del territorio (*ecosystemengineering*²⁷) rende l'ambiente locale più adatto all'organismo che lo compie ed alle generazioni dei suoi discendenti, che così "ereditano dai loro antenati non solo i geni ma anche le forme di pressione selettiva naturale che

²⁵ È stato notato che nelle specie tropicali, meno studiate, sembra esserci una maggiore presenza di canto femminili e di duetti: W. Tecumseh Fitch *The biology and evolution of music: A comparative perspective* Cognition **100** 173–215 (2006).

²⁶ D. Kirsh *Adapting the Enviroment instead then Oneself* Adaptative Behaior **4** 415-452 (1996)

²⁷ C.G. Jones, C.G. Lawton e M. Shachak *Positive and negative effects of organism as as physical ecosystemengineers* Ecology **78** 1946-57 (1997).

sono state modificate dall'ancestrale attività di costruzione di nicchie”²⁸. Similmente si può dire che i nostri bambini ereditano dai genitori, oltre che i loro geni, straordinarie nicchie ecologiche, costituite non solo da ambienti fisici protetti, che permettono loro di crescere nel lungo periodo di dipendenza, ma anche dalle molteplici forme di comunicazione culturale – tra cui quella offerta dalla musica – adatte a favorire il poderoso sviluppo delle sinapsi nel loro cervello infantile. Forse, questa visione delle culture umane, non come storie separate dall'evoluzione biologica della specie ma come momenti essenziali delle nicchie che permettono la nostra sopravvivenza, ci aiuterà a capire, oltre al fenomeno musica, anche un po' di più noi stessi.

Desidero ringraziare il dr. Vincenzo De Luise della Biblioteca R. Stroffolini per il prezioso, gentile ed efficiente lavoro di reperimento del materiale bibliografico.

²⁸ K. N. Laland, J. Odling-Smee e M.W. Feldman *Niche Construction, biological evolution, and cultural change* Behavioral and Brain Sciences **23** 131-175 (2000).