

LEONARDO E LA FIAMMA DELLA CANDELA

di Paolo Galluzzi – Museo Galileo

• Oggi facciamo un piccolo viaggio nella mente di Leonardo partendo da
• un'osservazione estremamente minuta e apparentemente marginale.
• Siamo in una fase della vita del grande genio di Vinci che è molto vicina ai
• suoi sessant'anni, tra il 1508 e il 1510. Le riflessioni sulle quali fermeremo
• l'attenzione Leonardo le sviluppa in un foglio, appunto negli anni che
• ho menzionato, contenuto nella più grande raccolta di manoscritti
• originariamente legati separatamente che ci è pervenuta, il Codice
• Atlantico.

• In particolare in quegli anni Leonardo è immerso negli studi scientifici di
• ottica, soprattutto per cercare di capire qual è la curvatura ottimale degli
• specchi ustori per applicazioni industriali del calore prodotto attraverso il
• sole; si occupa di anatomia, in particolare del sistema vascolare del cuore; si
• occupa del volo degli uccelli, un'attività nella quale si è immerso fin dal 1506
• ma che seguita a sviluppare. Questa prevalenza degli interessi scientifici
• si osserva anche nel diminuire, in un certo senso, della sua attenzione per
• le applicazioni artistiche: a questa fase della sua vita si possono legare
• soprattutto la *Sant'Anna con la Vergine, il Bambino e l'agnellino* e il *San
• Giovanni Battista*.

• In particolare fermeremo l'attenzione su un foglio del Codice Atlantico, in realtà
• un bifoglio. Oggi è disteso come se fosse un unico foglio, originariamente era in
• realtà piegato a formare quattro facciate. In queste quattro facciate, chiaramente
• riconoscibili dalla piegatura centrale che vi si può ancora osservare, Leonardo
• sviluppa un'unità di pensiero, una serie di riflessioni concatenate l'una all'altra;
• non è comune, perché Leonardo si esprime frammentariamente attraverso note
• che nella stessa pagina sembrano non presentare relazione l'una all'altra. Qui
• siamo davanti a una sorta di inizio di un trattato; gli dà persino un titolo, *Del moto
• della fiamma*, e al centro di queste riflessioni troviamo la fiamma della candela.
• Fermiamo lo sguardo sull'impaginazione di questo doppio foglio. Si osserva
• con molta facilità che i testi occupano il centro e si sviluppano fino al margine
• sinistro delle singole facciate; le illustrazioni, di piccola dimensione, punteggiano
• il margine destro in tutte e quattro le facciate. È interessante sottolineare questo
• fatto perché indica l'evoluzione del modo di studiare e di riflettere di Leonardo.
• Quello che qui troviamo realizzato è il modello dei trattati matematici sia a stampa
• che manoscritti. I codici di Archimede o le prime stampe – gli incunaboli – di
• Euclide presentano lo stesso sviluppo: la figura geometrica, la dimostrazione
• occupa il margine destro, il resto della pagina è occupata dal testo. Siamo nella
• fase della vita di Leonardo nella quale gli studi scientifici, il tentativo di assimilare
• le conoscenze scientifiche più avanzate, è caratterizzante e distoglie – come ho
• già detto – Leonardo, in un certo senso, dalle applicazioni artistiche.

DALLA TEORIA ALL'OSSERVAZIONE

Veniamo al nostro bifoglio del Codice Atlantico. Come avviene nei trattati scientifici la parte iniziale viene dedicata da Leonardo a spiegare i fondamenti teorici sui quali si basa la propria analisi del moto della fiamma; fondamenti teorici che sono quelli della fisica di Aristotele e della sua teoria degli elementi.

Completata questa breve premessa teorica la scena riferita da questo testo e da questo foglio del Codice Atlantico cambia radicalmente. Sul tavolo di lavoro di Leonardo i testi di Aristotele e dei suoi commentatori lasciano il posto alla quotidiana presenza di una candela, anzi di un numero superiore a uno di candele.

Il disegno al quale faccio riferimento nel Codice Atlantico mostra in sequenza tre candele affiancate con lo stoppino acceso; poi due candele affiancate con lo stoppino acceso; infine una sola candela. Cogliamo in questo, Leonardo attento a osservare la fenomenologia delle candele accese, sia individualmente sia in combinazione multipla. Il testo nel quale spiega il significato di quei tre minuscoli disegni è illuminante per capire qual è il senso del suo ragionamento. Leggiamo questo testo:

«Se tutte le base di una quantità di fiamme equali saranno per tutto contingenti l'una all'altra (è il caso delle tre candele attaccate l'una all'altra), esse faranno una continua fiamma, la quale, avendo sofficiente e continuo nutrimento, farà un fuoco piramidale, simile in figura a ciascuna delle predette fiamme separata dall'altre»
(CA 697r)

Chiaro cosa vuol dire Leonardo: se io accosto tre candele, due candele, quattro candele, la fiamma che osservo ha sempre la forma di un triangolo esattamente come la fiamma della candela singola che io accenda indipendentemente dalle altre. È un esempio lampante del rapporto tra testo e immagine: l'immagine già di per sé esprimerebbe chiaramente la dimostrazione che Leonardo vuole fornire ma al tempo stesso il testo ne precisa il significato. È un esempio mirabile di come, nel Leonardo della maturità, testo e immagine dialoghino tra di loro e si completino reciprocamente.

FUMO E FIAMMA

Immediatamente dopo, Leonardo sposta l'attenzione sulla fiamma e sul fumo che si provoca e si genera attraverso la combustione della candela. Seguendo sempre i principi della fisica aristotelica spiega perché il fumo salga verso l'alto: perché il fumo nato dallo stoppino è la parte più calda generata dalla combustione, quindi la più leggera e quella che tende ad avere maggiore velocità e a salire verso l'alto, mentre man mano che sale si raffredda e quindi si condensa e torna ad avere quella pesantezza che la costringe, attraverso volute, a ricadere al lato della fiamma.

Ci sono osservazioni molto penetranti che Leonardo fa, ovviamente osservando con minuta attenzione il fenomeno della combustione, sul suo tavolo, della fiamma della candela, e che naturalmente registra subito in disegno, il disegno che è fondamentale in questo foglio – il più grande

relativamente anche se di minuscole dimensioni – raffigura perfettamente questo fenomeno: il salire della parte centrale del fumo che esce dal vertice del triangolo della fiamma, il ricadere in volute ai lati della fiamma del fumo che si è raffreddato e condensato generando dei veri e propri vortici. Subito dopo Leonardo si occupa della generazione della fiamma – cioè come inizia la fiamma – e di nuovo troviamo una espressione perfetta del rapporto e dell'integrazione piena fra il testo e le immagini. Attraverso una descrizione testuale che è una sorta di storia del formarsi della fiamma dopo che lo zolfanello è stato accostato allo stoppino della candela, paralleli a questo racconto tre disegni ne colgono e ne raffigurano direttamente le fasi fondamentali: all'inizio si forma una piccola sfera di colore azzurro – all'inizio, intendo, dopo che lo stoppino è stato incendiato dallo zolfanello – e il disegno lo mostra chiaramente; successivamente alla testa di questo globo azzurro luminoso si forma un'escrescenza che è – come dire – il feto iniziale della nascita della fiamma; e nella terza fase si sviluppa la fiamma con la sua morfologia triangolare, come ha già espresso in precedenza. Qui vediamo una cinematica della generazione – caratteristico di Leonardo seguire i processi, non fermarsi ai risultati dei processi – e troviamo un altro esempio estremamente eloquente di come il testo e l'immagine si completino. In questo caso l'immagine ha un ruolo fondamentale perché la descrizione testuale, esclusivamente testuale, del processo non sarebbe altrettanto chiara.

LO SGUARDO DELL'ARTISTA

L'analisi della trasformazione morfologica della fiamma della candela, dal suo primo formarsi fino al pieno sviluppo della fiamma, è accompagnata da un'attenta ispezione delle variazioni cromatiche che si verificano in questo processo. È un indizio molto preciso che nella mente di Leonardo si trovano in piena attività sia le componenti di interesse per lo sviluppo dei fenomeni naturali sia l'attenzione che l'artista dedica alle questioni cromatiche per essere poi in grado di rappresentarle figurativamente in maniera fedele. Un testo di Leonardo in un codice coevo e molto simile anche nell'impaginazione a quello sul quale abbiamo fermato l'attenzione contiene un testo che illustra con chiarezza la mente dell'artista che accompagna quella dello scienziato davanti alla nascita della fiamma della candela. Leggiamo questo testo:

«Il fumo azzurro è transito del nutrimento materiale (il nutrimento materiale è il sego, il fumo azzurro è la prima manifestazione della combustione e accompagna il formarsi di quel globetto del quale abbiamo parlato in precedenza). Il fumo albo (il fumo bianco) che circonda il rimanente della fiamma è transito spirituale della fiamma di tal candela (è transito spirituale perché ormai è stato consumato il sego trasformato in fumo, e per questo lo chiama spirituale: non c'è più materialità ed è di colorazione bianca, quindi intorno al globo iniziale azzurro si forma un'area periferica bianca). Il vapore igneo che nel fumo umido è infuso... intorbida l'estremità della ristretta fiamma

LA CAUSA DEL MOTO DELLA FIAMMA

(l'estremità della ristretta fiamma è la parte verso il vertice del triangolo formato dalla fiamma ed è lì che viene intorbidato il fumo perché viene scaricato gli escrementi – per così dire – della combustione del sego) *la quale (estremità della fiamma) per tal causa si fa rosseggiante e all'ultimo d'oscura rossezza (un rosso estremamente scuro)»*
(CA 728v)

Il fumo azzurro, parte iniziale, l'atmosfera biancheggianti che circonda il globo centrale luminoso, la parte rossa verso il vertice della fiamma della candela: sono questi i fenomeni cromatici che mostrano come l'occhio di Leonardo sta attento non solo ai fenomeni naturali ma anche a quelli cromatici, ispirato dalla necessità di pensare a come riprodurre – per esempio in pittura – il fuoco, la fiamma di una candela.

Dopo aver analizzato il processo di formazione della fiamma e averne sottolineato le variazioni cromatiche, Leonardo ferma l'attenzione sul movimento della fiamma e cerca di capire quali sono le cause che la contengono in quella forma piramidale, cioè triangolare – lui la chiama piramidale – e quali sono le ragioni che la fanno mantenere in quella forma. C'è da osservare con attenzione il disegno attraverso il quale Leonardo esprime in maniera figurativa le dinamiche di interazione tra la fiamma e l'aria che la circonda. Ma di nuovo, accanto alla figurazione grafica, occorre leggere il testo nel quale descrive queste interazioni:

“l'aria che al continuo di fori percuote la fiamma e la respinge indietro la viene a condensare e tale condensazione fa la fiamma più lucida e risplendente, e il fumo condensato spira per la parte superiore della fiamma e non ha esito per altro loco perché in giù trova la materia che lo genera (cioè non può scendere perché sotto è bloccato dalla materia – siamo in un mondo pieno come ho detto, non ci sono vuoti da riempire) e dai lati trova l'aria che lo percuote (occorre guardare il disegno, perché il disegno esprime perfettamente questi concetti), e di sopra trova la dilatazione dell'aria che fende e per tale dilatazione il fumo ha il suo esito esito (il fumo sale perché non ha altra possibilità, questo è il concetto che esprime).” (CA 728v)

C'è un altro fenomeno sul quale Leonardo con minuzia ferma la propria attenzione, un fenomeno che noi tutti abbiamo familiare, almeno coloro che, sempre meno oggi, usano le candele: l'effetto ciotola, cioè il formarsi intorno allo stoppino di una sorta di avvallamento, una ciotola appunto, nel corso del processo di combustione. Anche qui è l'aria e i vortici che la fiamma provoca nell'aria, a generare il fenomeno dell'effetto ciotola.

«Infra la fiamma e la candela si genera una rivoluzione d'aria che poi ch'ella ha fatta la ripercussione sulla base d'essa fiamma, ella si rivolta in giù e così riscaldata, percuote la fronte (cioè la base) della candela e la va risolvendo e preparando al nutrimento della predetta fiamma» (CA 728v)

L'aria riscaldata torna formando vortici alla base della fiamma, scava per

UN GENIALE ESPERIMENTO

• attingere il nutrimento per mantenere la fiamma e genera quell'apparenza di ciotola.

• Di nuovo, guardando il disegno in dettaglio alla base dello stoppino, si osservano i vortici che Leonardo ha disegnato con precisione per mostrare come scavino alla base della fiamma.

• Questa serie di ragionamenti punteggiati da schizzi rapidi ma puntuali culmina con un'osservazione che si riferisce a un esperimento, un esperimento non certo da *big science* – ognuno lo può ripetere facilmente a casa propria – che per Leonardo ha un valore straordinario. Leggiamo il testo col quale lo illustra:

• «*Ma colla sperienza dell'ombra che fanno essi fochi (cioè la fiamma della candela) dinanzi al Sole abbiamo veduto e trovato il vero moto che fa l'aria penetrata dalla fiamma e così il fumo penetratore d'essa aria*» (CA 728v)

• L'attenzione è sul movimento della fiamma, su quel suo serpeggiare, e a Leonardo interessa capire cos'è che governa questi moti serpeggianti e com'è che l'aria reagisce davanti al movimento della fiamma. Leonardo – e ognuno di noi lo può verificare – trova difficoltà osservando direttamente la fiamma della candela a vedere perspicuamente i movimenti del fumo, dell'aria e della fiamma. Per favorire l'osservazione di fenomeni così sottili ha concepito l'esperimento che ho testé descritto nel suo testo. Vediamo di cosa si tratta. Leonardo ha presso la candela, l'ha portata davanti a una finestra illuminata da un Sole splendente, ha posto davanti alla candela uno schermo bianco e ha proiettato la fiamma e l'atmosfera circostante la fiamma della candela su uno schermo, ha raccolto un'immagine proiettata. Attraverso quella proiezione si osserva molto più nitidamente che in visione diretta il movimento della fiamma, le volute descritte dal fumo, le reazioni dell'aria circostante. Quell'esperimento, quella proiezione, diventa un vero e proprio microscopio della natura.

• È in quel modo che Leonardo riesce a capire le dinamiche di interazione che si verificano intorno alla fiamma della candela ed è, di conseguenza, da sottolineare con forza che il disegno sul quale abbiamo soprattutto insistito – quel bellissimo, per quanto piccolo, disegno della candela con le volute di fumo – non è il ritratto della fiamma della candela, è il ritratto della sua ombra; ombra di luce, quindi quasi un paradosso, ma un paradosso geniale che consente a Leonardo di capire le dinamiche di movimento che la fiamma della candela innesca.

• Non è l'unico esperimento che racconta in quel brano: altri, di nuovo espressi con testi e con brevi rapidi schizzi, mostrano che Leonardo ha cercato di capire, sempre attraverso l'ombra della candela, cosa succede quando nel fumo che sale dallo stoppino vengono interposti degli oggetti. Il disegno mostra che ne interpone tre e che è interessato a vedere che tipo di volute si generano quando il fumo viene ostacolato incontrando quegli stessi oggetti.

Merita sottolineare che questo tipo di curiosità – cosa succede a un fluido, come è il fumo, quando incontra degli ostacoli – è lo stesso che riscontriamo in altri codici di Leonardo, e in particolare nel Codice Leicester, nei quali non studia il fumo e l'aria, ma studia l'acqua, studia il movimento e le correnti dell'acqua. Nel Codice Leicester ripete esattamente gli stessi esperimenti interponendo nelle correnti d'acqua degli ostacoli per vedere che tipo di vortici – in questo caso d'acqua e non di fumo – si generano. Non è casuale questa combinazione, questa analogia. Per Leonardo i fenomeni e la fisica, diremmo oggi, dell'acqua e dell'aria sono esattamente la stessa cosa. Un'ultima osservazione conclude questa parte del suo ragionamento: la parte centrale della fiamma è più scura della sua periferia. Era già implicito nel concetto dell'azzurro intenso della generazione della fiamma dallo stoppino.

350 ANNI DOPO

Non esistono precedenti dell'esperimento dell'ombra della luce della candela di Leonardo, ma esiste un singolare esito successivo, molto successivo. Un grande scienziato, uno dei più grandi scienziati dell'Ottocento, Michael Faraday – autore della gabbia di Faraday e studioso fondamentale di fenomeni legati all'elettricità e all'elettromagnetismo – diede, nel 1860 alla *Royal Institution* a Londra, sei lezioni di Natale – *Christmas Lectures* si chiamavano, destinate alla sensibilizzazione dei giovani alla scienza – e intitolò queste elezioni “Storia chimica di una candela”. Soprattutto leggendo la prima di queste *lectures* si trovano analogie impressionanti col ragionamento sviluppato da Leonardo in questo foglio. Faraday sottolinea la figura triangolare della fiamma; evidenzia come il suo nucleo vicino allo stoppino sia più scuro del resto; mostra come l'aria costringa, con la sua pressione laterale, la fiamma ad assumere quella forma piramidale – come la chiama Leonardo – impedendole di diffondersi in forme più larghe; sottolinea infine i vortici e l'effetto ciotola che Leonardo ha sottolineato. Ma l'analogia più impressionante la percepiamo quando Faraday invita i suoi studenti, i suoi giovani studenti, i suoi giovani ascoltatori a partecipare direttamente alla verifica di questo comportamento della natura, compiendo un esperimento. L'esperimento che Faraday suggerisce di compiere è lo stesso esperimento di Leonardo: accendere una candela, esporla alla luce del sole, raccoglierne l'ombra proiettata su uno schermo bianco e osservare cosa succede. È straordinario che uno dei più grandi scienziati dell'età moderna abbia, per così dire, riesumato, tre secoli e mezzo dopo l'esperimento di Leonardo, la proiezione della fiamma della candela considerandola come un fenomeno perfetto per capire leggi fondamentali della natura. Anche se partono da principi teorici completamente diversi – Faraday non è un aristotelico come Leonardo – è molto da sottolineare l'analogia nel metodo di lavoro: osservazione, esperimento, disegno sono gli elementi che consentono di cogliere fenomeni minuti, sottili, ma di valore generale del comportamento della natura. Anche Faraday, come Leonardo, traduce in disegno quello che osserva, quello che si osserva, e

**FIAMMA,
RESPIRAZIONE E
CUORE**

il disegno di Faraday è straordinariamente simile, nella sua composizione, a quello di Leonardo.

Un'ultima annotazione merita fare. Non è che Faraday abbia copiato o tratto ispirazione da Leonardo; Faraday non poteva conoscere questo foglio del Codice Atlantico. È solo il metodo della ricerca correttamente inteso che lo spinge a emularne, senza sapere, i metodi.

Leonardo è pienamente consapevole che l'aria è fondamentale per la combustione della candela. Leggiamo un testo folgorante dove spiega questo principio:

«dove l'aria non è proporzionata a ricevere la fiamma, nessuna fiamma vi può vivere» (CA 728v)

Senza aria non c'è fiamma. Ma sottolinea con forza che nella stessa condizione di questo oggetto del mondo inorganico, la candela, nella stessa condizione si trovano gli esseri viventi del mondo organico: l'uomo senza aria non può vivere;

«dove non vive la fiamma non vive animal che aliti» (CA 728v)

Dove non c'è respiro, dove non c'è aria non c'è vita. Questi testi stabiliscono una connessione diretta tra mondo organico e mondo inorganico e indicano che per Leonardo le leggi di natura valgono esattamente nello stesso modo nel mondo organico così come in quello inorganico. Era, per così dire, una bestemmia affermare principi simili in un mondo nel quale fino dai testi sacri si stabilisce una netta distinzione tra la vita e la materia.

In questo caso emerge una parte significativa del modo unitario di concepire la natura di Leonardo, e troviamo questo concetto chiaramente espresso negli studi di anatomia di Leonardo, in particolare su quelli molto intensi che ha dedicato al funzionamento del cuore, della macchina cardiaca, centro pulsante della vita e meccanismo dal quale dipende la respirazione. È il cuore che è fatto come la fiamma; per Leonardo è una cosa molto importante la sottolineatura del rapporto tra morfologia e funzione. La fiamma, lo ricordate, è a forma triangolare, esattamente come il cuore; il cuore ha la forma di un triangolo rovesciato rispetto alla fiamma ed è non casuale questa connessione perché per Leonardo tutti i fenomeni legati al calore si trasmettono attraverso enti e sostanze che hanno figura piramidale – come lui dice. E qui troviamo molto aspetto della metafisica di Aristotele, anche di altri autori antichi, e la sua visione di un organicismo totale: nella natura non ci sono aree separate, non si fanno distinzioni. Le leggi della natura si applicano a tutta la natura stessa senza alcuna distinzione.

**MACROCOSMO E
MICROCOSMO**

La metafora della candela non si limita all'analogia con l'organismo degli animali ma si estende addirittura all'organismo della Terra e al funzionamento degli strumenti meccanici. Leonardo spiega il funzionamento della stufa – del forno della stufa – esattamente come quello della candela e del cuore. Perché il fuoco possa continuare all'interno di una stufa occorre che sia

alimentato continuamente da aria fresca; ma anche la Terra, l'organismo Terra nella sua generalità secondo lo schema per il quale il microcosmo è fatto a misura e a modello del macrocosmo segue i medesimi modelli e meccanismi. Così come nel cuore il flusso del sangue garantito dalla sistole e dalla diastole, nel corpo generale della Terra sono le maree, il flusso e il riflusso del mare, a generare la medesima situazione. Modello è quello della analogia completa in tutto il cosmo tra ciò che è minutissimo e piccolo come la fiamma della candela e i corpi più generali.

CONCLUSIONI

In tutto questo scenario generale, universale, delle riflessioni di Leonardo sulla vita si percepisce un elemento distintivo: la vita è una scommessa continuamente messa in questione dalla sua lotta con la morte. La vita è nutrimento e calore; se il nutrimento e il calore mancano subentra la morte. C'è un senso di provvisorietà che in alcuni testi bellissimi – Leonardo è anche un grande scrittore -vengono espressi fedelmente. Ce n'è uno in particolare che non a caso di nuovo riguarda la nostra fiamma della candela che esprime in maniera emblematica questo concetto. È un breve testo che vale la pena di essere letto. Peraltro è in un manoscritto coevo al foglio sul quale abbiamo insistito del Codice Atlantico. Dice Leonardo:

«guarda il lume (ha di nuovo la candela davanti ai suoi occhi) e considera la sua bellezza (il concetto di bellezza è un concetto che viene dalla sua attitudine di artista, naturalmente, più che di scienziato). Batti l'occhio (abbassa le palpebre) e riguardalo. Ciò che di lui tu vedi, prima non era, più non è» (Ms. F, 49v)

Provvisorietà assoluta: non riusciamo a cogliere il fenomeno della vita nella sua continuità. È sfuggente, è continuamente sottoposto al rischio del suo opposto: la morte. Ottica, concezione generale della fisica, anatomia, fisica dell'atmosfera, fisiologia, idraulica, massime filosofiche: tutto questo troviamo nell'analisi alla quale Leonardo sottopone la fiamma della candela. Un piccolo, minimo fenomeno della natura che diventa metafora della comprensione di tutti i suoi meccanismi. In questo senso, a mo' di conclusione, si può affermare che la luce della fiamma della candela illumina alla perfezione il meccanismo di funzionamento della mente di Leonardo.