A09

Vai alla cartella di calcolo

http://www.aracneeditrice.it/scaricabili/orologisolariantichi.xls

Carlo Burin

Orologi solari antichi

Geometrie e calcoli

Aracne editrice

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

Copyright © MMXIX
Gioacchino Onorati editore S.r.l. — unipersonale

www.gioacchinoonoratieditore.it
info@gioacchinoonoratieditore.it

via Vittorio Veneto, 20
00020 Canterano (RM)
(06) 45551463

ISBN 978–88–255–2966–1

I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica, di riproduzione e di adattamento anche parziale, con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.

Non sono assolutamente consentite le fotocopie senza il permesso scritto dell'Editore.

I edizione: dicembre 2019

A nonna Oliva, papà Giovanni,
mamma Albertina e fratello Graziano
con riconoscenza per quanto abbiamo condiviso.

Indice

Parte prima
Conversazioni sul tempo, l'uomo, la storia

11 Capitolo I
Il tempo

21 Capitolo II
Conoscenze affidate alla pietra

35 Capitolo III
Ipotesi su come venivano orientati i megaliti

43 Capitolo IV
L'invenzione dell'orologio solare

53 Capitolo V
Modi di misurare il tempo

67 Capitolo VI
Misure di tempo: conversioni

Parte seconda
L'evo antico

87 Capitolo I
Il merkhet a "L"

97 Capitolo II
Il merkhet a "T"

105 Capitolo III
Merkhet inclinati

119 Capitolo IV
Orologi solari su concavità sferiche

131 Capitolo V
Orologi solari su concavità coniche e cilindriche

145 Capitolo VI
Orologi solari su superfici piane

165 Capitolo VII
Orologi solari sferici

173 Capitolo VIII
I viatoria pensilia

Parte terza
Dal medioevo all'evo moderno

187 Capitolo I
L'evoluzione degli orologi solari

193 Capitolo II
L'orologio azimutale medioevale

201 Capitolo III
L'orologio del pastore

209 Capitolo IV
Orologi d'altezza ad anello

215 Capitolo V
Orologi analemmatici

227 Capitolo VI
L'evoluzione prosegue

Appendice

233 *La cartella di calcolo in Excel*

237 *Simboli e abbreviazioni*

249 Formulario essenziale

257 *Fonti consultate*

PARTE PRIMA

CONVERSAZIONI SUL TEMPO, L'UOMO, LA STORIA

Capitolo I

Il tempo

Cos'è il tempo? La vita scorre nel tempo, il nostro pensiero pure, la memoria nasce dal tempo… oppure lo genera? Domande, queste, che turbano scienziati e filosofi. I pensieri si svolgono nel tempo; i ricordi seguono un ordine cronologico; i traguardi esigono tempo per essere conseguiti. Il tempo conserva le storie di tutti: quelle personali e quelle collettive. Il tempo contiene la storia dell'umanità, delle specie viventi, del nostro pianeta, dell'universo intero. Queste sono semplici riflessioni; riflettiamo perché siamo esseri senzienti, capaci di farlo, siamo in grado di ragionare, comprendere ed agire. Abbiamo scoperto che i nostri corpi sono fatti della stessa materia ed energia con cui è fatto l'universo. Questo ci limita, perché ciò di cui siamo fatti obbedisce alle leggi della natura, le stesse che governano l'universo. Ad esempio: riscontriamo che la forza di gravità agisce sul nostro corpo come su qualsiasi altro, senza distinzione alcuna tra esseri viventi o inanimati; sappiamo che se ci avviciniamo ad una fonte di calore, ci riscaldiamo, come qualsiasi altro corpo, animato o inanimato che sia. Notiamo che le reazioni chimiche delle sostanze presenti nel nostro corpo, a parità di condizioni fisiche, avvengono anche in qualsiasi altro ambiente, fuori da noi: in provetta, per esempio. Le leggi della natura sono "matematiche", non ammettono deroghe, valgono per tutto l'universo, noi compresi. Se lasciamo un oggetto libero di cadere, esso cadrà, sia ora come fra mille anni; sia qui, sia sotto l'influenza di un qualsiasi altro campo gravitazionale. La Terra continuerà, chissà fin quando ad orbitare intorno al Sole e, contemporaneamente, a ruotare su se stessa; la Luna continuerà, chissà fin quando, ad orbitare attorno

alla Terra. È proprio su questo assunto che si fonda la ricerca scientifica. Tutto questo ci affascina. Osserviamo per cercare di comprendere e, quando ci sembra di aver capito, verifichiamo la nostra interpretazione con altre osservazioni e riproducendo i fenomeni studiati, se ciò è possibile. Questo è il metodo scientifico, esso ci permette di avanzare nella ricerca, di correggere o consolidare le nostre conoscenze e acquisirne di nuove. Noi, esseri umani sappiamo fare tutto questo; tuttavia per quanto profonda sia la nostra conoscenza, non siamo in grado di conoscere il futuro. Il passato è formato dai nostri ricordi, dalla storia; il presente lo stiamo vivendo; il futuro ci è ignoto. Potremo conoscerlo quando arriverà nel presente, poi esso verrà archiviato nel passato. Il futuro può essere intuito, immaginato, progettato e pianificato (eh si, perché il nostro futuro dipende anche dalle nostre azioni), ma fino a quando non si sarà concretizzato, rimarrà solo un'ipotesi. Queste osservazioni ci danno l'idea del tempo. Ovunque, nel nostro universo, c'è un continuo susseguirsi di eventi; alcuni vicini altri lontani, altri ancora lontanissimi; alcuni prevedibili altri inaspettati. Notiamo che tutte le cose hanno un'origine e si evolvono verso una fine; praticamente percorrono un intervallo di tempo. Il tempo scorre inesorabilmente dal passato al futuro. Stiamo discutendo sul tempo: "cogito, ergo sum" (penso, dunque sono) diceva Cartesio. Da quando abbiamo cominciato a ragionare? La storia ci presenta Pitagora, Eraclito, Socrate come i primi pensatori; dopo questi ne seguirono innumerevoli altri e, chissà per quanto tempo, altri ancora seguiranno. La storia è piena di moltissime menti brillanti, che hanno cercato di capire la natura ed il senso delle cose. Con le loro idee fecero crescere l'umanità. Nacquero e crebbero la filosofia, l'arte, la scienza, la tecnologia e, di conseguenza, migliorò la nostra condizione di vita. Nonostante ciò, molti interrogativi restano ancora un mistero. Il tempo è uno di questi. Questo probabilmente è l'enigma più antico e dibattuto. Platone, Aristotele, Parmenide, Zenone, s. Agostino e tanti altri, lungo secoli di storia, fino a Kant ed Einstein si proposero di comprendere la natura del tempo. Il tempo possiede una sua realtà, oppure è solo una "forma" dell'essere? Ecco nascere due scuole filosofiche: la prima ritiene che il tempo esista in sé; la seconda pensa che il tempo sia solo il modo con cui la coscienza osserva la realtà (data l'impossibilità di coglierla nella

sua totalità). Dal tempo di Eraclito (orientato verso la prima ipotesi) e Parmenide (per la seconda), ad oggi, questa controversia non è stata ancora risolta. Lungo l'arco della storia, fino ai giorni nostri, nacquero e si svilupparono nuove concezioni. Le due correnti di pensiero inevitabilmente sollevano molti interrogativi: es. «se passato, presente e futuro sono reali, ma alla coscienza non è dato di osservarli nell'insieme, come può esistere il libero arbitrio? Se il libero arbitrio è solo un'illusione, se tutto è già stato stabilito, quale responsabilità hanno le persone per le loro azioni?». Per contrapposizione, ammettendo che il libero arbitrio sia una prerogativa degli esseri coscienti, allora gli eventi non sono già stabiliti; essi nascono dalle dinamiche presenti nell'universo, comprese le nostre azioni. Bernardino Telesio si chiedeva: «se tutto si fermasse, il tempo potrebbe ancora scorrere?». Siamo capaci di immaginare un universo dove ogni cosa è ferma, bloccata nel suo luogo come in una foto istantanea? I pianeti, le stelle, noi stessi, ogni particella, anche la più piccola, tutto è fermo. Immaginare un mondo così è impossibile; è come immaginare il nulla. Non ci sarebbe niente, neppure lo spazio; infatti come si può concepire uno spazio se non lo si può osservare ed usare? Viene spontaneo chiederci: siamo in grado di percepire la realtà nella sua totalità o abbiamo dei limiti? A causa della nostra componente materiale, di limiti ne abbiamo molti I nostri occhi vedono un piccolissimo "range" di frequenze elettromagnetiche; anche il nostro udito è sensibile ad uno stretto intervallo di suoni. Come esseri umani siamo affamati di conoscenza; cerchiamo di capire ogni cosa. Per questa nostra attitudine, abbiamo scoperto che esistono più colori di quanti ne percepisca la nostra vista (infrarosso, ultravioletto, raggi x); più suoni di quelli che il nostro udito sente (infrasuoni, ultrasuoni); altre forme di energia che i nostri sensi non sono in grado di cogliere (energia elettrica, elettromagnetica, atomica). Costruendo sofisticatissimi strumenti, ci siamo resi conto di quanto sia complesso l'universo. Abbiamo rilevato la presenza di campi magnetici, elettrici. Abbiamo scoperto l'esistenza di esseri viventi piccolissimi: (microbi); abbiamo compreso la struttura dell'atomo… e probabilmente siamo ancora agli inizi. Stiamo riflettendo su un grande interrogativo, è bello farlo. In fondo ciò che ci eleva sugli altri esseri viventi (almeno su quelli che ci sono noti), è la vo-

glia di sapere, di capire come funzionano le "cose" e noi stessi. Cerchiamo di soddisfare questi bisogni, tipicamente umani, usando "la testa": riflettendo, ragionando, studiando, meditando. Quando svolgiamo queste attività esprimiamo totalmente la nostra natura umana. Ritornando al quesito di Telesio, chiediamoci: se tutto si ferma, il pensiero può continuare ad esistere? Può esistere la coscienza? Essa è ancora in grado di percepire lo spazio ed il tempo? (Ecco una nuova domanda: cos'è la coscienza?). Immaginare un universo completamente immobile è cosa impossibile, ma altrettanto impossibile è immaginare di fermare anche una sola, piccola particella elementare; almeno secondo il principio di indeterminazione di Heisenberg. Questo scienziato afferma che è impossibile determinare, mediante una misura simultanea, due variabili coniugate, eliminando ogni incertezza (es. posizione e quantità di moto di una particella elementare). Se il principio è corretto, è impossibile trovare particelle ferme nello spazio. Quante domande non hanno ancora avuto una risposta! Agli inizi del XX secolo, per opera del celebre fisico Albert Einstein, il tempo viene visto in un modo nuovo: attraverso relazioni matematiche che lo legano ad altre grandezze fisiche. Le formule di Einstein mostrano un tempo ed uno spazio relativi. Noi percepiamo lo scorrere del tempo nel mutare continuo delle cose che ci circondano, nei cicli dei giorni, nell'attività delle piante e degli animali, nell'avanzamento regolare dei nostri orologi. Se potessimo osservare questi fenomeni da un'astronave, che si muove a velocità comparabile con quella della luce, li vedremo svolgersi in tempi e spazi diversi, rispetto a quelli osservabili dalla Terra. (ricordiamo il celebre *paradosso dei gemelli*[1]). Quando questa teoria venne pubblicata destò molto scalpore nel mondo accademico, ma anche molto fascino. Ancora oggi continua a resistere a tutte le verifiche sperimentali, perciò la si accetta, nonostante le perplessità che suscita e gli interrogativi che pone, come questo: «se si può avere un'inversione temporale, perché dal futuro non ci è mai arrivato alcun segnale?». Forse perché non abbiamo ancora inventato gli strumenti per rilevarlo o, più semplicemente, perché questo non è possibile. Però

[1] Il paradosso dei gemelli è un esperimento mentale che sembra rilevare una contraddizione nella teoria della relatività di Einstein.

dal passato dei "segnali" ci giungono; sono rappresentati dalle tracce lasciate dagli eventi accaduti: collisioni tra asteroidi, o tra questi e pianeti; strati geologici; graffiti; manufatti; scritti lasciati da antiche civiltà. Questi "segnali" dal passato sono presenti anche negli organismi viventi; si osservano nella loro stessa evoluzione biologica, nelle tracce lasciate nel loro stesso DNA. Tutte le cose che ci circondano portano i segni della storia. Più questi "segnali" sono antichi e più sono confusi. Su di essi si sovrappongono segni di eventi successivi. Attraverso quello che facciamo è possibile inviare "segnali" nel futuro (i manufatti di oggi, per le genti future saranno dei reperti archeologici; "segnali" che noi inviamo nel futuro); però non è possibile mandare "segnali" all'indietro nel tempo, nel nostro passato; poterlo fare genererebbe paradossi. Secondo la teoria di Einstein, nulla può superare la velocità della luce. Ecco apparire i limiti del nostro universo: le costanti universali. Sono costanti universali la velocità della luce; la costante di gravitazione universale; il numero di Avogrado; la costante di Planck; ed altre ancora. Una teoria affascinante, quella di Einstein; essa ispirò le migliori menti creative dell'epoca e continua ancora a farlo. L'idea di possibili viaggi nel tempo o dell'esistenza di tunnel spazio-temporali ha sempre stimolato la fantasia di scienziati, scrittori, registi pittori ed altri artisti. Anche l'arte, infatti, subisce l'influenza di questa teoria; la si riscontra nelle opere di cubisti e surrealisti. Con Einstein l'universo diventa quadridimensionale. Alle tre dimensioni note e rappresentabili con tre assi ortogonali tra loro, si aggiunge una quarta dimensione: il tempo (nella più recente teoria delle stringhe, ancora sotto indagine, si ipotizza un universo sviluppato su più dimensioni: l*'iperspazio*). La teoria della relatività è affascinante in quanto presenta un tempo relativo; tuttavia ci fu chi la confutò, adducendo valide argomentazioni. Tra i tanti oppositori, ricordiamo: Henri Bergson, Jacques Maritain ed Herbert Dingle che, per le loro convinzioni, vennero avversati praticamente da tutto il mondo scientifico (di "credo" einsteiniano). Questi pensatori ritengono che il tempo sia una realtà fisica assoluta; che scorra in un solo verso, rappresentabile con una freccia: la *freccia del tempo di Bergson* (questo filosofo individuò diversi punti deboli nel ragionamento di Einstein). Alla luce di questo assunto, le prove a favore della teoria della relatività dovettero essere

re-interpretate. Alla fine prevalse la teoria di Einstein.

Sul tempo dobbiamo ammettere che non ne sappiamo molto, sebbene esso sia costantemente presente nella nostra esistenza; lo sentiamo scorrere istante dopo istante. Se la teoria della relatività ci presenta un tempo "elastico", anche la nostra mente, in certi momenti, ce lo fa percepire come tale. Quante volte avremmo voluto che il tempo scorresse più velocemente, sopratutto quando ci troviamo in situazioni noiose, come durante una interminabile conferenza o in coda ad uno sportello. In altre circostanze avremmo desiderato che il tempo fosse più lento, come quando stiamo in buona compagnia o quando svolgiamo un'attività gratificante. Praticamente: quando ci troviamo in situazioni di disagio, sembra che il tempo non passi mai; quando ci troviamo a nostro agio, sembra che esso scorra troppo velocemente. In ogni caso, percepiamo un tempo diverso da quello oggettivo, scandito dagli orologi. Un'ora dell'orologio può sembrare lunga o breve, a seconda del nostro stato mentale. Naturalmente non siamo in grado di misurare lo scorrere del tempo con la nostra mente, di esso abbiamo una percezione personale. Forse è per questo che abbiamo imparato ad utilizzare il tempo come materiale per costruire opere d'arte. Ci sono espressioni artistiche che fanno uso della materia e dello spazio (scultura, architettura); altre che utilizzano materia ed energia (pittura, fotografia); altre ancora che utilizzano materia, energia, e… tempo (letteratura, teatro, cinema, danza, musica). Per costruire una statua occorre scolpire o plasmare dei materiali solidi: marmo, metallo, resina, o altro. L'opera, finita mostra l'estro creativo del suo autore, ciò è possibile proprio grazie alla sua staticità; in essa è fissato un pensiero. Una tale opera non ha bisogno del tempo per esprimersi. Questa osservazione vale anche per le opere dell'architettura, per la pittura, per la fotografia. Pittura e fotografia si servono di materiali vari, ma fondamentalmente, utilizzano l'energia luminosa. Per dipingere si utilizzano dei colori; cioè delle sostanze fissabili su un supporto, che illuminate da luce bianca, riflettono ciascuna un particolare colore. Un abile pittore, sapendole mescolare, può ottenere tutte le tinte che desidera. Nella fotografia, invece, viene utilizzata la luce. Come ben sappiamo, ogni oggetto illuminato da una luce, riflette la componente del colore che lo caratterizza. L'apparecchio fotografico sfrutta la luce ri-

flessa dagli oggetti. Il suo obiettivo proietta queste luci, su una superficie sensibile (pellicola fotografica, sensore CCD od altro), così tutta la scena inquadrata viene registrata. Un buon quadro o una buona foto sono immagini istantanee, statiche come le sculture e le opere architettoniche. Queste arti non hanno bisogno del tempo per esprimersi; invece altre hanno bisogno proprio del tempo, anzi esso è il loro principale supporto; senza il tempo, non possono esprimersi. Un'opera letteraria si svolge nel tempo. Un libro posto su uno scaffale è un complemento d'arredo; ma bisogna leggerlo per poterlo apprezzare (per leggerlo ci vuole tempo). Lo stesso dicasi per le opere teatrali, per la cinematografia, per le opere coreografiche, per quelle musicali. Come espressione artistica, la musica merita una particolare riflessione: essa è fatta di pura energia sonora, distribuita nell'ambiente d'ascolto. La musica, come del resto qualsiasi suono o rumore, fisicamente è composta da onde di pressione che si propagano in un mezzo materiale (aria, acqua, materiali solidi). Nel vuoto non possiamo avere alcun suono. Le note emesse dagli strumenti musicali sono onde acustiche di diversa altezza (o frequenza), intensità (o energia), valore (o durata) e timbro (o colore). In un'opera musicale le note variano, si sovrappongono, si interrompono, riprendono, seguono uno schema temporale e spaziale (lo "spazio" qui è da intendersi come il dislivello tra le varie note). Ascoltando un'opera musicale veniamo catturati dalla sua armonia. La musica nasce dal genio creativo del compositore, prende vita negli strumenti abilmente suonati, muore disperdendosi nell'ambiente, sottoforma di energia acustica. Per queste sue peculiarità possiamo ritenerla un'arte, in un certo senso, immateriale; eppure, nella sua natura, è in grado di produrre intense emozioni.

Il tempo non entra solamente nell'arte e nella scienza, è una presenza costante nella nostra vita, senza il tempo non possiamo fare nulla. Ci sono attività per le quali il tempo è importantissimo: moltissime competizioni sportive usano il tempo per classificare le "performances" degli atleti o delle squadre. Molti lavori vengono compensati su base temporale; molte attività umane possono essere svolte solo in determinati periodi dell'anno, perciò vanno programmate (es. l'agricoltura). Anche la nostra stessa vita biologica dipende dal tempo, basti pensare al battito cardiaco, alla frequenza respiratoria, all'alternarsi degli

stati di veglia e sonno.

Anche se non conosciamo la natura del tempo, con esso abbiamo sempre avuto a che fare, fin dalla nostra comparsa sul pianeta. Secondo gli storici, i più antichi reperti, che testimoniano l'interesse dell'uomo per il tempo, sono: una statuetta ed un bassorilievo di donna, risalenti al paleolitico superiore. Il primo reperto è stato battezzato: "Venere di Lespugue"; il secondo: "Venere di Laussel"[2]. La Venere di Laussel mostra l'uguaglianza (in termini di tempo) tra il ciclo femminile e quello lunare; la Venere di Lespugue, indica la durata della gestazione in numero di cicli lunari (nella statuetta si trovano segnati 10 cicli). Questo significa che fin dalla preistoria l'uomo osservava lo scorrere del tempo. Non è difficile credere che i fenomeni ciclici della natura, come: l'alternarsi dei giorni; i cicli lunari; il riapparire di alcune stelle sull'orizzonte o il ritorno della levata del Sole in un preciso punto sull'orizzonte; per i nostri antenati fossero i primi strumenti di misura del tempo. Purtroppo si sta parlando di un passato lontanissimo; i "segnali" che provengono da così lontano sono pochissimi e di difficile interpretazione. Con il tempo l'uomo seppe organizzarsi in società sempre più estese; le tribù si unirono, dando origine a comunità sempre più grandi. Con l'avvento dell'agricoltura scomparve il nomadismo, le genti poterono stanziare in territori che fecero propri, si formarono gli stati. Questo cambiamento consentì alle società di crescere, organizzarsi, evolvere. Capanne, grotte, tende lasciarono il posto a costruzioni sempre più solide; comparvero case e palazzi. Nei luoghi di culto e negli spazi pubblici vennero eretti monumenti sempre più maestosi. Si giunse all'invenzione della scrittura. Con l'avvento della scrittura ogni civiltà poté registrare il proprio sapere, in modo che fosse tramandato, con precisione maggiore della comunicazione verbale (a memoria). Gli scritti permisero di ricordare, con dovizia di particolari, gli eventi importanti. Si poté descrivere l'organizzazione sociale, le leggi e qualsiasi cosa meritasse di essere tramandata alle generazioni future. L'invenzione della scrittura segna il passaggio dalla preistoria alla storia. Passarono secoli, in certi casi anche millenni, e moltissimo materiale andò distrutto, solo la pietra riuscì a resistere. Le

[2] Lespugue e Laussel sono le località francesi dove sono stati rinvenuti i reperti.

informazioni, che gli antichi costruttori inserirono nei loro monumenti, si conservarono molto più a lungo dei papiri o delle pergamene. Studiando questi enormi manufatti di pietra, possiamo scoprire molte cose sulle conoscenze dei loro costruttori. Si può osservare che moltissime costruzioni antiche furono orientate su elementi ed eventi astronomici. Questo ci fa capire che, fin dall'antichità, ogni civiltà osservava il Sole, la Luna, le stelle, per leggervi lo scorrere del tempo e di conseguenza, organizzare le proprie attività.

Questi monumenti sono dei veri e propri strumenti di osservazione; dei manufatti astronomici o *gnomonici* (la *gnomonica* è l'arte-scienza-tecnologia di misurare il tempo attraverso l'osservazione del movimento del Sole o degli astri).

Riguardo all'oggetto del nostro divagare, possiamo solo constatare come esso sia tuttora un mistero. Accanto al mistero del tempo ne esiste un altro a cui non sappiamo ancora dare risposta: questo mistero siamo noi stessi. Qual è la nostra natura? Se siamo fatti con la stessa materia che forma l'universo; se i nostri corpi sono tenuti insieme e governati dalle stesse leggi fisiche che governano qualunque altra cosa presente nell'universo, perché siamo consapevoli di esistere?