

progetto
alternanza scuola-lavoro

promosso da

Euroleader - Gruppo di Azione
Locale della Carnia e del Gemonese

Irtef - Istituto per la ricerca sulle tecniche
educative e formative

Pesariis

un borgo nel tempo

Stagisti:

Mattiarmando Chiavegato

Alessandro Englaro

Tutor scolastico:

prof. Mara Bona,

Liceo "San Bernardino" - Tolmezzo (UD)

Tutor aziendale:

dott. Adriana Franca

Amministrazione Frazionale
dei beni di Pesariis PCDP(UD)



Ringraziamenti

Nel corso della redazione di questo opuscolo, molte sono state le persone e le istituzioni che ci hanno fornito sostegno.

Vogliamo quindi ringraziare Euroleader e l'Irtef, in quanto promotori del Progetto di Alternanza Scuola-Lavoro, nonché l'Amministrazione Frazionale dei Beni di Pesariis e la nostra scuola, il Liceo Ginnasio "San Bernardino da Siena" di Tolmezzo, che hanno consentito la nostra partecipazione a questa straordinaria esperienza cognitiva e formativa.

Siamo particolarmente grati anche a tutti coloro che durante il percorso di questi due mesi ci sono stati preziosi consiglieri. In particolare: Giacomo Rupil - che ha fornito copioso materiale e la sua decennale esperienza di progettista e di amatore dell'orologeria; Amanzio Solari, che ci ha indicato le fonti principali a cui attingere informazioni; Fermo Roia che ci ha raccontato la storia della fabbrica Solari nel secolo scorso così come egli stesso la visse da giovane apprendista; Claudio Solari, che ci ha fatto da guida nella visita dell'attuale stabilimento; Alvio e Denis Machin per averci spiegato nella pratica operativa il montaggio di un orologio; ed infine la dottoressa Elena Puntil, autrice di una precedente ricerca, per le indicazioni di carattere storico locale.

Un ringraziamento va anche al Comune di Prato Carnico che ha consentito di visionare il materiale sull'orologeria pesarina in suo possesso e soprattutto ad Enzo Gonano, custode del Museo, che si è sempre mostrato estremamente disponibile ad ogni nostra richiesta.



Presentazione

Origini e storia dell'orologeria pesarina pag. 5

Breve storia della misura del tempo pag. 7

- I primi orologi meccanici
- Stagioni e precessione degli equinozi
- Sistemi e unità di misura del tempo

Parti dell'orologio e concetti di fisica coinvolti pag. 15

- Il pendolo
- Misure di precisione

Catalogo del Museo dell'Orologeria Pesarina pag. 31

- Orologi
 - o Svegliafini monastici
 - o Orologi della foresta nera
 - o Orologi domestici pesarini
 - o Orologi da torre XVIII secolo
 - o Orologi da torre XIX secolo
 - o Orologi da torre XX secolo
- Strumenti

Il concetto di tempo nel pensiero filosofico pag. 63

Glossario dei più utilizzati termini di orologeria pag. 69

Bibliografia pag. 77

Nell'ambito del progetto "Alternanza Scuola-Lavoro", sostenuto da Euroleader e dall'Irtef di Udine, è stato realizzato un opuscolo riguardante la collezione presente nel Museo dell'Orologeria Pesarina, proponendosi una doppia finalità: da un lato, fornire un quadro unitario in cui collocare l'estrema frammentarietà di testimonianze scritte ed orali relative alla storia di questa produzione e, dall'altro, sviluppare - per quanto riguarda la sezione più antica dell'esposizione - un catalogo completo e corredato da schede tecniche sulla fisica e sulla meccanica degli orologi.

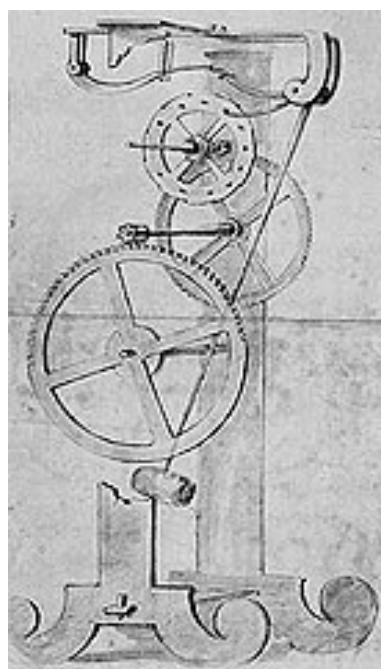
L'opera è articolata in più parti, strutturate in modo tale da guidare i visitatori alla scoperta delle peculiarità che caratterizzano questa antica attività. La parte iniziale è mirata ad illustrare le origini della produzione degli orologi a Pesariis e a tentare una possibile spiegazione del perché qui - e non altrove - si sia sviluppato questo tipo di industria artigiana. Fa seguito una breve storia dei primi strumenti di misura del tempo, dallo gnomone fino ai primi orologi meccanici, corredata da una scheda sulle stagioni e la precessione degli equinozi.

Ad essa si affianca la descrizione delle componenti degli orologi meccanici da parete e da torre, con accenni ai principali concetti di fisica interessati. In particolare, trova qui collocazione una scheda sul moto del pendolo ed il problema della dilatazione dei materiali impiegati nella sua costruzione, seguita dalle misure di precisione degli orologi attualmente ancora funzionanti.

La parte centrale e più corposa è costituita dalle schede catalografiche degli orologi domestici e da torre, nonché degli antichi strumenti, esposti al piano terra del museo. Si è prestata particolare attenzione alla descrizione tecnica dei singoli orologi.

Il catalogo è quindi corredato da due appendici: la prima riguarda la trattazione del problema del tempo così come è stato affrontato dai principali filosofi nel periodo antico, moderno e contemporaneo; la seconda, infine, è costituita da un dettagliato glossario degli strumenti di lavoro e della terminologia specifica degli orologiai.

Il presente lavoro, oltre ad una possibile valenza come prodotto di turismo didattico, potrà avere delle ripercussioni positive anche in ambiente scolastico; in particolare le sezioni dell'opuscolo relative alla fisica-meccanica e alla filosofia comprenderanno argomenti che verranno ripresi nel corso del futuro anno scolastico.



■ origini e storia
dell'Orologeria Pesarina





La vocazione orologiera della villa di Pesariis viene ufficialmente sancita nel 1725, anno di fondazione dello stabilimento dei Solari. Ma già precedentemente, si presume dalla seconda metà del XVII sec., in molte case viene costruito un tipo di orologio da parete robusto e tecnicamente evoluto.

La domanda che sorge spontanea è: perché, in tutta la Carnia, proprio Pesariis? Come mai in un piccolo, sperduto villaggio montano, in fondo ad una valle isolata, si è potuta evolvere una “forma di artigianato tecnologicamente complessa” [Puntin Cognan] e all'avanguardia rispetto ai tempi? Quali sono le caratteristiche che hanno consentito questo sviluppo?

In assenza di documentazione scritta (restano alcuni contratti di commissione e ricevute di pagamento, ma più recenti rispetto all'epoca sotto esame e, purtroppo, l'archivio della Solari è andato distrutto durante l'occupazione cosacca del 1943), si possono solo azzardare alcune ipotesi, facendo riferimento alle caratteristiche più generali del territorio, ed analizzando la peculiare situazione di Pesariis all'interno di esso.

Pirateria o spionaggio industriale?

Le ipotesi circa le origini dell'orologeria pesarina formulate fino ad ora sono sostanzialmente due: la prima fa riferimento ad una figura romanzesca, un pirata genovese di cognome Solari (vedi riquadro), che si sarebbe rifugiato a Pesariis, dedicandosi poi con successo alla produzione di orologi ed espandendo la sua attività fino alla fondazione della fabbrica. Gli argomenti che avallerebbero questa ipotesi riguardano la distribuzione del cognome Solari - allora diffuso, oltre che nella sola Pesariis, anche nella Liguria orientale dove già si producevano orologi da torre - ed il fatto che, come uomo di mare, questo pirata potrebbe avere avuto le necessarie conoscenze di astronomia e meccanica. Per contro, a parte la valenza per così dire mitologica del racconto, non vi è alcun fatto concreto a suo favore. Il cognome Solari era diffuso anche in Veneto (ed infatti per qualcuno il pirata diventa un esattore delle tasse veneziano) e potrebbe trattarsi piuttosto di un soprannome, come si usava all'epoca. Utilizzato per rimarcare una caratteristica saliente di una famiglia o di un individuo: in questo caso avrebbe potuto indicare la provenienza da paesi riscaldati dal sole tutto l'anno, contrariamente a quanto accade a Pesariis, dove il sole non riesce ad oltrepassare le montagne per gran parte dell'inverno. Per inciso, allievo di Leonardo a Milano, fu un certo Andrea del Gobbo, conosciuto anche come Andrea Solario o Solari, di origine veneziana.

Inoltre, i primi orologi pare fossero stati costruiti non da dei Solari, bensì da dei Capellaro o Capellari, cognome questo che si ritrova già precedentemente in molti atti relativi a prestazioni di fabbri e che è citato in un contratto risalente al 1730, in cui la

dai Celti a oggi: le vicende storiche della Carnia in poche righe

o 450 a.C.: i Gallo Carni (o Carno-Celti) si stabiliscono nell'odierna Carnia. Lavorano in maniera eccellente il ferro, il legno, l'oro, l'argento. Conoscono l'astronomia e osservano un calendario suddiviso in 5 cicli solari, composti da 62 mesi.

o 115 a.C.: i Celti vengono sconfitti dai Romani

o 50 a.C.: viene fondato Forum Julium Carnicum, l'attuale Zuglio, a difesa della via di collegamento con il Norico e la Pannonia (Austria e Ungheria)

o 476 d.C.: crollo dell'Impero Romano. Zuglio diventa sede vescovile sotto la guida della Chiesa di Aquileia. Sorgono le prime Pievi, le più vaste quella di S. Maria di Gorto e quella di S. Pietro di Zuglio

o 1077 d.C.: Enrico IV istituisce ufficialmente la Patria del Friuli, vero stato temporale del Patriarca di Aquileia, non soggetto a nessun'altra autorità civile, con moneta ed esercito propri.

o 1420 d.C.: Lo Stato Patriarchino viene sconfitto dalla Repubblica di Venezia.

o 1420 – 1797: la Serenissima sfrutta in modo sistematico le foreste della Carnia e pone pesanti tasse. Per contro, concede il mantenimento dei cosiddetti usi civici o proprietà collettive, riservati esclusivamente al godimento degli abitanti "originari" della Vicinia. A livello locale permane infatti tale istituzione, assemblea dei Capifamiglia del villaggio, con a capo il Merigo (dal termine maire, di derivazione carolingia) coadiuvato da due Giurati. La Carnia è suddivisa in 4 Quartieri: Socchieve, Gorto, S. Pietro, Tolmezzo.

o 1797: conquista da parte di Napoleone. Le Vicinie vengono sostituite dai Comuni.

o 1814: Congresso di Vienna. Il Friuli e la Carnia sono ceduti all'Austria. Rimangono gli ordinamenti napoleonici, vengono soppresse o ridotte alcune imposte. Rinnovo e registrazione del catasto fondiario. Nel 1831, il "pesarino" Mauro Cappellari diventa papa con il nome di Gregorio XVI.

o 1866: annessione del Friuli all'Italia. La notizia lascia la Carnia pressoché indifferente così come era stata scarsamente coinvolta nelle vicende risorgimentali.

o 1866 -1946 Regno dei Savoia. Durante questo periodo, anche la Carnia partecipa alle due sanguinose guerre mondiali, oltre che a tutte le vicende coloniali dell'Africa.

o 8 settembre 1943: annessione della Carnia al Terzo Reich e sua occupazione da parte delle SS cosacche

o 3 maggio 1945: termina l'occupazione cosacca. Il Friuli e la Carnia tornano all'Italia.

o 2 giugno 1946 Proclamazione della Repubblica Italiana.



Sopra: Mappa catastale napoleonica del 1813 del centro di Pesariis.

A sinistra: Casa Solari o Casa dell'Orologio negli anni Cinquanta, presenta sulla facciata il grande quadrante di pietra di un orologio che comprendeva diverse complicazioni: ore, minuti, mesi, giorni del mese, giorni della settimana, il cui meccanismo attualmente è in ricostruzione.

parrocchia di Salcano (GO) affida la costruzione di un orologio da campanile al signor Osvaldo Capellaro, orologiaio in Pesariis, citando un'analoga commissione effettuata dallo stesso Capellaro quattro anni prima, sempre nel goriziano.

La seconda spiegazione si rifà ai movimenti migratori dell'epoca ed al fenomeno dei *cramârs*. Nel corso della sua storia (vedi riquadro), infatti, la Carnia conosce principalmente due periodi di forti migrazioni: il primo sotto il dominio della Serenissima (1420-1797) per il quale vengono appunto ricordati i cosiddetti *cramârs* (dal tedesco *Krämer*, merciaio); quindi, dalla fine del fine dell'800 in poi, ingenti ondate migratorie investono il territorio, sottraendogli rilevanti energie, in special modo alla fine dei due conflitti mondiali. Secondo lo storico Fornasir (1993), il flusso migratorio che si verificò in Carnia nell'età moderna non è assimilabile a quelli che l'hanno caratterizzata negli ultimi due secoli. Sebbene la spiegazione prevalente tenda a dare maggiore importanza alle difficoltà legate all'agricoltura e quindi alla povertà di questa terra, egli sottolinea invece la varietà e la vitalità delle attività artigiane e commerciali quali

la leggenda del pirata genovese

Verso il 1700 un pirata, o più probabilmente una spia o un esattore delle tasse, genovese, ricercato dai nemici che durante la sua carriera evidentemente si era fatto, fuggì dalla sua città e trovò rifugio in un piccolo paese situato all'estremo nord della Serenissima Repubblica di Venezia: Pesariis.

La località che si era scelta non era molto accogliente ed era parecchio fuori mano, ma queste caratteristiche rappresentavano un vantaggio per il fuggiasco: era difficile da trovare e raggiungere era molto vicina all'Austria e alla Germania ed era sufficientemente ricca di risorse primarie. Il fuggiasco, di cui oggi si sa solo il suo cognome, Solari, decise di ricominciare in quel luogo una vita onesta e semplice. Cercando un nuovo mestiere il pirata genovese scoprì che in quel luogo l'attività di svago preferita era la fabbricazione rigorosamente a mano di orologi da parete, così dopo aver imparato i segreti del mestiere dagli artigiani del luogo, nel 1725 aprì una piccola fabbrica con l'aiuto dei suoi figli. Questa attività andò avanti per più di due secoli fino a quando, a causa della litigiosità dei discendenti dei figli del pirata, la fabbrica si divise e tuttora ci sono due stabilimenti Solari nei quali non lavora più alcun discendente del pirata.



Sopra: le differenti destinazioni dei flussi migratori relative specializzazioni commerciali dei paesi della Carnia in età

fonti di reddito aggiuntive rispetto all'agricoltura stessa ed allo sfruttamento dei beni di uso civico.

Caratteristica delle migrazioni di questo periodo era la stagionalità: la maggior parte degli uomini infatti partiva verso il 29 settembre – prima della chiusura dei valichi – e rientrava dopo il disgelo, verso la fine di aprile, per attendere ai lavori estivi (coltivazione dei campi, fienagione, taglio del legname) ed alla stipula di contratti. Inoltre si può idealmente suddividere la Carnia in due subregioni distinte per specializzazione - e quindi destinazione - dei migranti. Se la zona meridionale, corrispondente più o meno ai territori di Tolmezzo, Ampezzo e Ovaro, forniva sarti e tessitori alle confinanti regioni del Veneto e del Friuli, la zona settentrionale si era invece specializzata nel commercio di stoffe e droghe (spezie) la cui destinazione erano "las Germanias" (vedi figura). I *cramârs* s'inserivano dunque in una lucrosa catena di scambi commerciali che univa l'Asia meridionale e sudorientale ai paesi di lingua tedesca avendo il suo centro di smistamento a Venezia.

Quindi, secondo questa ipotesi, è plausibile qualche *cramâr* pesarino, abbia visto ed appreso nelle Germanie - in particolare, villaggi della Foresta Nera - i segreti della meccanica dell'orologeria che in quei paesi era già molto sviluppata.

Ma la domanda resta: perché proprio a Pesariis e non altrove? Una serie di caratteristiche infatti non costituiva prerogativa della sola Pesariis ma tutti i paesi della Carnia o, quantomeno, quelli della parte più settentrionale: la discendenza dai Carno-Celt, abili nella lavorazione dei metalli, la presenza di fabbri per realizzare o aggiustare gli strumenti di contadini e boscaioli; il forte flusso migratorio; ed infine la meta di questa migrazione, cioè i paesi dell'Austria e soprattutto della Germania centro -meridionale dove la fabbricazione di orologi era all'avanguardia. Quindi è possibile che un artigianato di tipo tanto specialistico sia sorto a Pesariis soltanto per un caso particolarmente fortunato, ma è più probabile che una serie di fattori concomitanti abbia creato le condizioni favorevoli allo sviluppo di questa industria proprio in questo villaggio.

Se tutta la Carnia era sotto il dominio della Serenissima, Pesariis in particolar modo era sede di una "muda", ovvero un dazio, per regolare i transiti dal Friuli al Cadore, e quindi la presenza veneziana doveva essere sicuramente cospicua. Il Canale di San Canciano costituiva allora la via di collegamento più frequentata e redditizia, come starebbe a testimoniare il fatto che già al tempo dei patriarchi la decania di Canal Pedarzo (altro nome dell'attuale Val Pesarina) era stata appaltata per 13 marche mentre per quella del Canal di Gorto (Forni Avoltri) l'appalto era stato di otto.

Il pirata genovese - o veneziano che fosse - può forse rappresentare una personificazione di quegli uomini di mare, obiettivo principe dei quali era all'epoca la risoluzione del problema della stima del punto nave che avrebbe permesso di espandere i loro traffici. Grande perciò doveva essere l'interesse per la ricerca di strumenti di rilevazione e misurazione del tempo sempre più precisi ed affidabili. I migranti pesarini dunque potrebbero essere stati esportatori di preziose spezie ed importatori di informazioni altrettanto preziose, oltre che essere di per sé degli esperti fabbri e quindi persone con la competenza tecnica necessaria per una sorta di "spionaggio industriale".

Inoltre, l'isolamento attuale del paese di Pesariis è cosa recente: a quel tempo infatti il paese costituiva il punto nevralgico di un'importante via di comunicazione, cosa che può aver favorito sia i traffici mercantili che un certo arricchimento culturale. Infine, pur essendo il ferro materiale raro e costoso, il fatto di essere un borgo particolarmente ricco grazie alla vastità dei boschi di proprietà collettiva, può averne facilitato l'acquisto. La relativa ricchezza di Pesariis è testimoniata



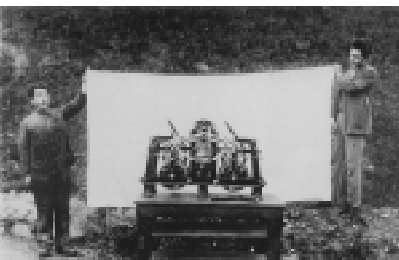
In alto: Pesariis, Casa dell'Orologio, particolare del quadrante esterno.
Sotto: doppia serie di archi della vecchia Pesaveneia.

anche dall'architettura delle case che la distingue tutt'oggi dalla gran parte dei villaggi alpini.

Gli orologi domestici a fabbricazione "casalinga"

Lasciando agli storici di professione - se lo vorranno - l'indagine sistematica di queste ipotesi, resta il fatto che, a partire dalla seconda metà del 600, nelle case di Pesariis comincia ad essere fabbricato un tipo di orologio da parete di ferro con caratteristiche molto simili a quelli della Foresta Nera nella meccanica, da cui però si differenzia per essere costruito completamente in metallo - ferro battuto, od ottone e ferro - e con minori ornamenti, presumibilmente per motivi economici.

Nella maggior parte dei casi gli orologi vengono fabbricati su commissione per essere appesi sotto il portico delle case più ricche; in altri, il fabbricante o i suoi figli se li caricano in spalla a mo' di *crascina* (la "valigia" dei *cramârs*) ed vanno a venderli nel Veneto e nel Friuli. Parallelamente, in quest'epoca si registra un calo delle migrazioni dal canale di San Canciano: evidentemente l'attività è redditizia. Si ricordi tra l'altro che è proprio in quest'epoca che Jacopo Linussio impianta a Tolmezzo quell'industria tessile che fornirà lavoro a tanti carnici e che Linussio stesso apprende le nuove tecnologie di lavorazione in Stiria.



Fondazione della Fabbrica

Nel 1725 viene dunque fondata la Fària sul Rio Possal, a nord dell'abitato di Pesariis, probabilmente in corrispondenza di un precedente casolare o mulino. La produzione resta artigianale, ma si cominciano a costruire anche orologi da torre, naturalmente su commissione, dati mole e costo. Le prime attestazioni risalgono alla fine del XVIII sec.: nel 1789 Antonio Solari costruisce e pone in opera l'orologio della torre comunale della città di Cherso, come da attestato della Podestaria di quella città riportato nel catalogo pubblicato dalla Solari nel 1906.

Nel corso del XIX sec. si introducono le prime macchine (vedi sezione "Strumenti" del catalogo) che consentono di perfezionare ed aumentare la produzione, portando prosperità a tutto il paese. Fino al secolo scorso, infatti - prima della divisione - nella lavorazione degli orologi è coinvolta gran parte della comunità: oltre ai tecnici ed agli operai, c'è chi fabbrica le casse di legno dei pendoli (e successivamente degli orologi registratori) e chi prepara gli imballaggi per la spedizione; viene coltivata e lavorata la canapa per le corde di sostegno dei pesi e parte della lavorazione viene svolta nelle case, proprio come nel 1600.

Vicende della Fratelli Solari

Delle innovazioni tecniche che saranno apportate ai vari tipi di meccanismo si accennerà nella descrizione degli orologi. In questa sede basti ricordare che, nel corso dell'800, la ditta si trasforma da impresa individuale in "Fratelli Solari" e questa struttura societaria continua fino alla divisione definitiva in due tronconi, uno a Pesariis ed uno a Udine.

Agli inizi del secolo scorso, la Fratelli Solari esporta orologi da torre in tutti i paesi prospicienti l'Adriatico e nelle Americhe. Gli orologi vengono montati sul posto ad opera di uno dei soci della ditta, che per l'occasione viene ospitato dalla parrocchia o dal comune. Al 1885 risale la fornitura di un orologio da torre per il palazzo reale di Cettigne, capitale del Montenegro. Dal racconto di Fermo Solari [19??] si viene a sapere che lo zio sedeva a tavola con l'attendente del re Nicola, padre della futura regina Elena, e che il re stesso era voluto salire sulla torretta per esaminare il nuovo congegno.

La fabbrica trae vantaggio anche dalle migrazioni che si verificano alla fine dell'800, dal momento che i pesarini da un lato fanno conoscere la Solari in giro per il mondo (una sorta di marketing ante litteram), dall'altro riportano in patria le novità su tecniche, materiali, attrezzature.

Un genio della progettazione:
Remigio Solari

Dopo la Prima Guerra Mondiale, e soprattutto negli anni Trenta, l'ultima generazione di Solari a capo della ditta, riesce ad ottenere importanti commesse cui, grazie soprattutto al genio progettuale di Remigio ed alla capacità manageriale di Ciro, fa fronte apportando grandi innovazioni tecnologiche. Il grosso della produzione, però, dagli orologi da torre si è spostato verso altri, nuovi tipi di congegni, come ad esempio gli orologi senza lancette. Quello costruito per il palazzo delle Poste di Napoli costituisce un monumentale esempio delle capacità di progettazione di Remigio: si tratta di un enorme reticolo di circa 5-6 metri d'altezza in cui, su fondo bianco, compaiono e scompaiono dei rettangoli neri che formano l'indicazione dell'ora in numeri romani e dei minuti in cifre arabe, con illuminazione notturna. Un vero capolavoro della meccanica, come ricorda chi ha partecipato alla sua costruzione [*intervista a Fermo Roia*], purtroppo distrutto durante un bombardamento.

Sempre fra gli anni Trenta e gli anni Quaranta la Solari vince l'appalto per la fornitura di orologi a puntine scriventi per le Ferrovie dello Stato, ossia per orologi collegati ad una serie di pennini che, scivolando su un rullo di carta rotante, indicano i movimenti che avvengono in una stazione in ogni punto temporale, analogamente alle scatole nere degli aeroplani.

Divisione della Solari

Nel 1939, di comune accordo tra fratelli e cugini, avviene la divisione in due rami, sancita ufficialmente tra il 1947 ed il 1948: si hanno così la Fratelli Solari di Pesariis e la Solari di Udine.

Durante il conflitto mondiale, Remigio ha cominciato a studiare un meccanismo nuovo per gli orologi timbratori, realizzando uno strumento che si rivelerà estremamente innovativo e di grande successo; nel contempo, la produzione della fabbrica è comprensibilmente ridotta per le vicende belliche. In un'intervista [Antonelli, 1988], Alfeo e Sisto Solari - i cugini Solari rimasti a Pesariis? - accennano a come era stato ritrovato un cannone che era stato poi fuso di nascosto per ricavarne il prezioso metallo.

Con la ricostruzione post-bellica, la Solari sfrutta la fiducia di cui gode, riuscendo ad aggiudicarsi l'80% degli appalti delle Ferrovie dello Stato e tornando quindi in piena attività.

Nel 1964, dopo due "Compassi d'Oro", di cui uno vinto per l'orologio a scatto di cifra con cambio diretto, ed una storia di crescente successo alle spalle, la Solari di Udine viene venduta alla Pirelli dopo sofferta decisione di Fermo Solari il quale ritiene che solo una grande potenza industriale come quella torinese potrebbe apportare nuove energie per un necessario rinnovamento.

Attualmente, lo stabilimento di Pesariis fa parte dello stesso gruppo di quello di Udine; a capo dell'azienda non vi è più alcun Solari. La produzione continua, però il reparto ricerca e sviluppo è a Udine, ossia non vi sono più prodotti esclusivamente "pesarini".

Non più a Pesariis, ma sempre in vallata, un altro ramo dei Solari - di nuovo due fratelli, Pino e Vero - continua ad occuparsi, accanto ad altri tipi di congegni, del restauro dei monumentali orologi da torre antichi ed alla fabbricazione di nuovi, anche se ormai non sono più mossi da pesi ricavati dalle pietre del torrente bensì da microprocessori.

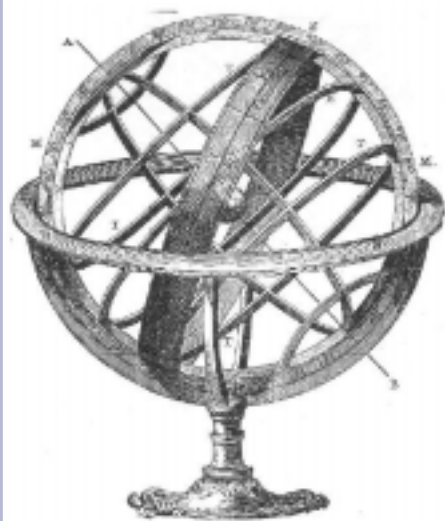


*Sopra: la parte inferiore del grande orologio commissionato dalla Stazione di Napoli, purtroppo andato distrutto in un bombardamento. La parte superiore, alta due o tre metri, segnava l'ora in cifre romane.
A sinistra: fotografi all'opera per la predisposizione del catalogo della Fratelli Solari (1906).*



A fianco: il vecchio stabilimento
Solari sopra il paese.
Sopra: l'interno della fabbrica negli
anni Trenta.

■ breve storia
della misura del tempo



"Il tempo è troppo lento per chi aspetta, troppo veloce per chi ha paura, troppo lungo per chi soffre e troppo corto per chi gioisce"
(Henry-Van Dyke)

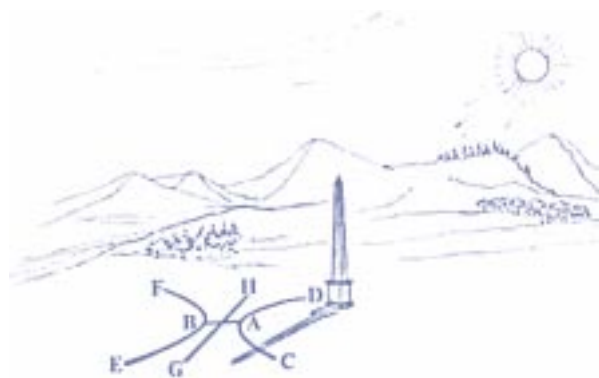
La regolarità del sorgere e tramontare del sole e della luna, dell'avvicinarsi delle stagioni e del ripetersi di eventi atmosferici suggerirono all'uomo che era possibile misurare il tempo e quindi, in qualche modo, non esserne più in balia.

Per i popoli primitivi il tempo era relativo alle azioni: la stagione della semina e quella del raccolto, l'ora di andare a caccia e quella di mungere la vacche.

Un altro sistema di primitiva misura del tempo fu scoperto durante gli scavi archeologici del grande Santuario di Hera. Il passare degli anni veniva misurato da eventi umani, ovvero il tempo che la sacerdotessa manteneva il suo incarico: la sua vita, quindi, forniva la base dello scorrere del tempo.

Gnomoni e meridiane furono i primi, semplici strumenti per misurare il tempo sfruttando la variazione nella lunghezza dell'ombra proiettata da un corpo al variare dell'altezza apparente del sole sull'orizzonte: il loro uso è documentato in Cina a partire dal III millennio a.C..

L'ombra proiettata dallo gnomone si accorcia a mano a mano che il Sole s'alza sull'orizzonte per essere più corta a mezzogiorno ed allungarsi nuovamente fino al tramonto. Nel corso dell'anno però l'ombra varierà anche al variare delle stagioni, cioè dell'angolo d'incidenza dei raggi solari. Si possono così tracciare una serie di linee: nella figura il segmento AB è detto "linea mediana", ovvero la linea dove cade l'ombra al mezzogiorno durante il corso dell'anno; l'estremo B indica il tropico del Capricorno (solstizio d'inverno),



l'estremo A il tropico del Cancro (solstizio d'estate). Le curve CD e EF sono, rispettivamente la linea del solstizio d'estate e quella del solstizio d'inverno, ovvero segnano dove cade l'ombra in tutte le ore di queste due giornate. Infine la retta GH costituisce la linea equinoziale (transito dell'ombra durante gli equinozi).

Le meridiane, o quadranti solari, risalgono anch'esse a tempi antichissimi: la loro invenzione viene fatta risalire ai Caldei (VIII sec. a.C.). Sfruttano lo stesso principio, ma lo gnomone (di dimensioni decisamente minori rispetto ad un obelisco) è infisso su una pietra o comunque un piano

levigato per avere una lettura più esatta dell'ombra.

Lo svantaggio principale di questi strumenti è quello di non funzionare di notte o nelle giornate nuvolose. Per questo motivo furono sviluppati orologi alternativi, basati sul progredire regolare di eventi.

Il passo successivo nella storia dei sistemi di misurazione del tempo è costituito dagli orologi ad acqua, che per secoli – fino alla scoperta del pendolo – furono gli strumenti più precisi (quando il sole non splendeva). Il principio di funzionamento è semplice (misurare la quantità d'acqua che fuoriesce da un foro) ma, nel corso del tempo e nei vari paesi, le forme assunte dagli orologi ad acqua poterono diventare anche molto elaborate.

Vitruvio documenta l'uso di clessidre da parte degli Egizi. Nel III

il mito di Crono

Tutte le religioni antiche rappresentano come divinità le cose che maggiormente influenzano la vita degli uomini: tra queste il Sole, gli astri e, naturalmente, il Tempo. Secondo la mitologia greca, Crono (il Tempo) era figlio di Urano (il Cielo) e Gea (la Terra), il più giovane della serie di figli generati dalle due divinità primordiali, e dal padre nascosti nelle profondità della terra stessa. Aiutò la madre a evirare e detronizzare Urano, di cui prese il posto. Poi sposò la sorella Rea ma, avvertito da una profezia che sarebbe stato deposto da uno dei suoi figli, li divorava non appena Rea glieli presentava. Rea, in procinto di mettere al mondo Zeus, l'ultimo dei suoi figli, fuggì a Creta, dove partorì, poi presentando a Crono una pietra avvolta di fasce, che egli prontamente divorò senza accorgersi dell'inganno. Divenuto adulto Zeus con l'aiuto dei fratelli – che era riuscito a far vomitare al padre grazie ad una pozione - mosse guerra a Crono, a sua volta alleato con i propri fratelli Titani. La lotta durò dieci anni ma alla fine Zeus riportò la vittoria conclusiva. Questa vicenda certamente si può interpretare come un tentativo di arrestare l'evolversi delle vicende terrestri che tendono fatalmente ad instaurare il regno degli uomini distruggendo il regno degli dei, passando da una atemporale età dell'oro al tempo della storia.



secolo a.C. in Grecia furono sviluppate clessidre più precise in cui acqua o sabbia fluiva tra due contenitori collegati. Furono create clessidre dotate di un sistema meccanico di indicazione dell'ora. Le clessidre erano usate per scandire la durata di gare, giochi e turni di guardia.

Altri tipi di orologi sfruttarono la proprietà di alcuni materiali di scorrere, fluire o consumarsi lentamente e con regolarità: sabbia, cera, olio, ecc. Sempre in Cina era stato elaborato un orologio ad incenso: esso consisteva in una serie di piccole scatole di legno di ugual dimensione collegate tra di loro, in ognuna delle quali vi era una diversa fragranza d'incenso. Conoscendo il tempo impiegato dalla scatola per bruciare il suo contenuto e l'ordine con cui gli incensi bruciavano, si poteva riconoscere l'ora dal suo profumo.

I primi orologi meccanici

Nel IX secolo furono creati i primi semplici e imprecisi orologi meccanici. In un documento francese del 1176 è citato per la prima volta il termine *horologe*, composto dalle parole greche *hora*, ora e *legenai*, dal significato di *dire*. Nel XIII secolo presso monasteri nel Nord Italia erano presenti orologi meccanici in grado di svegliare i monaci e di scandire i diversi momenti della giornata, chiamati svegliatori monastici.

I quadranti di questi orologi hanno una sola lancetta; nei primi esemplari era il quadrante a ruotare davanti ad una lancetta fissa indicante l'ora da leggere. Il meccanismo di funzionamento dello svegliarono era basato su un sistema a bilanciere, formato da un braccio orizzontale ai cui estremi vi sono due pesi regolabili, con scappamento cosiddetto "a verga" o "a foliot". Un volano può ruotare intorno al suo asse, ma è vincolato da una molla di torsione. Dapprima il bilanciere ruota in un senso fino ad essere fermato dalla tensione della molla, che successivamente spinge il volano a ruotare in senso opposto

fino a caricare la molla nell'altro senso.

Una grande innovazione e miglioramento in precisione è avuto con l'invenzione dell'orologio a pendolo, da parte di Christian Huygens nel 1657. Egli calcolò che un pendolo della lunghezza di 99,38 cm avrebbe oscillato con un periodo di un secondo esatto e progettò il primo meccanismo funzionante. Nel 1670 l'orologiaio inglese William Clement inventò il meccanismo di scappamento ad ancora, migliore dello scappamento a corona di



Foto sopra:

Leonardo da Vinci, meccanismo di orologeria, Codice di Madrid I, f. 27 r. (1495-1499 circa).

Nel riquadro:

bassorilievo rappresentante Rea che inganna Crono del II sec. d.C. Roma, Galleria Capitolina.

Nella pagina precedente:

curve dell'ombra proiettata da un gnomone

orologi "monumentali"

Negli anni 80, durante un soggiorno di lavoro in Egitto, l'inglese Robert Bauval scoprì quasi per caso che la disposizione delle piramidi di Giza corrispondeva in modo straordinario a quella delle stelle collocate sulla "cintura" di Orione, Alnitak, Alnilam e Mintaka.

Questo fatto, unito alla conoscenza che i condotti interni della piramide di Cheope, uscenti dalla Camera del Re, puntassero verso la costellazione di Orione e verso le stelle circumpolari all'epoca approssimativa del 2600 a.C., lo portò a formulare l'ipotesi che l'intero complesso di Giza potesse essere visto non solo come rappresentazione della cintura di Orione, ma come parte di una sorta di misuratore precessionale delle epoche cosmiche che in passato hanno avuto grandissima influenza su religione e cosmologia dell'Antico Egitto.

Più o meno alla stessa epoca risale il complesso megalitico di Stonehenge (Salisbury, UK) che, oltre a luogo di culto, potrebbe aver costituito anche un enorme calendario e osservatorio astronomico. Certamente Stonehenge contiene molti riferimenti al moto del Sole e della Luna: per esempio, stando nel centro del cerchio di pietre, si può vedere sorgere il Sole, nel giorno del solstizio d'estate, circa al di sopra di una pietra



particolare detta "Heel Stone", che si trova lungo l'asse della costruzione. Il complesso di Stonehenge sembra cioè allineato in modo non casuale.



Figura in alto: la correlazione tra le piramidi di Giza e la cosiddetta "cintura" della costellazione di Orione.

A fianco: il complesso megalitico di

Huygens. Lo scappamento è il meccanismo che trasforma il moto alternato del pendolo in moto rotatorio di un ingranaggio. In alcuni decenni furono introdotte anche le lancette dei minuti e successivamente anche quelle dei secondi. Bisogna ricordare che Huygens era stato preceduto da Galileo che aveva determinato le leggi del pendolo già nel 1583 e che, nel 1667, furono ritrovati di cosiddetti "Codici Madrid" di Leonardo da Vinci nei quali vi era il disegno di un orologio a contrappesi completo di quasi tutti gli ingranaggi e provvisto anche di suoneria. Quanto fosse grande l'importanza acquisita dagli orologi in quel periodo storico caratterizzato dall'inizio dei lunghi viaggi per mare, lo dimostra il fatto che, nel 1714, il governo britannico istituì un premio in denaro per chi fosse stato in grado di progettare un metodo sufficientemente preciso ed adatto per l'uso a bordo di una nave, per determinare la longitudine locale, il *Longitude prize*. Sebbene la maggior parte delle proposte si basasse su tecniche astronomiche, l'orologiaio John Harrison risolse il problema costruendo in sette anni di lavoro un orologio adatto allo scopo. La commissione governativa però non ritenne del tutto affidabile un sistema che prescindesse dall'osservazione astronomica ed accordò ad Harrison solo parte del premio in palio.

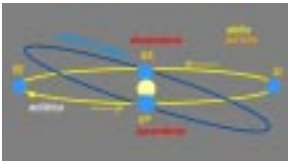
In alto: la rivoluzione della Terra attorno al Sole.

A fianco: i moti che interessano il globo terrestre.

le stagioni e la precessione degli equinozi

Il fenomeno delle stagioni è causato dall'inclinazione dell'asse terrestre e dal moto di rivoluzione che la Terra compie attorno al Sole, descrivendo un piano ellissoidale chiamato eclittica. Durante questo tragitto essa mantiene

l'asse di rotazione parallelo a se stesso, toccando in determinati periodi dell'anno quattro punti fondamentali che segnano l'inizio di ciascuna stagione. Di seguito si elencano le caratteristiche di ciascuno di questi



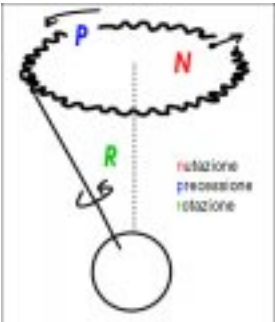
	Equinozio di Primavera	Solstizio d'Estate	Equinozio d'Autunno	Solstizio d'Inverno
Data inizio	21 marzo	21 giugno	23 settembre	21 dicembre
Stagione boreale	Primavera	Estate	Autunno	Inverno
Stagione australe	Autunno	Inverno	Primavera	Estate
Polo Nord	Inizio giorno polare	Sole 6 mesi sopra orizzonte	Inizio notte polare	Sole 6 mesi sotto orizzonte
Polo Sud	Inizio notte polare	Sole 6 mesi sotto orizzonte	Inizio giorno polare	Sole 6 mesi sopra orizzonte
Durata del dì	Uguale alla notte	Max em. australe, min em. boreale	Uguale alla notte	Min em. australe, max em. boreale
Traiettoria apparente del Sole	Il Sole sorge a Est e tramonta a Ovest, e passa per equatore celeste (punto d'Ariete)	Il Sole sorge a Nord-Est e, passando al meridiano alla distanza max (23,5°) dall'equatore celeste, tramonta a Nord-Ovest	Il Sole sorge a Est e tramonta ad Ovest, e passa per l'equatore celeste (punto della Bilancia)	Il Sole sorge a Sud-Est, passa al meridiano ad una distanza di -23,5° dall'equatore celeste e tramonta a Sud-Ovest
Punti eclittica	Nodo orbitale ascendente: la Terra passa da Sud a Nord della sfera celeste	Afelio, punto più a Sud dall'equatore celeste	Nodo orbitale discendente: la Terra passa da Nord a Sud della sfera celeste	Perielio, punto più a Nord dall'equatore celeste

Il maggiore o minore riscaldamento della Terra nelle diverse stagioni dipende quindi dall'angolo d'incidenza con cui i raggi solari ne colpiscono la superficie (circa 70° in estate e circa 23° d'inverno). Conseguentemente, a causa dell'asse terrestre che si mantiene inclinato e parallelo a se stesso, la Terra volgerà verso il Sole, al

solstizio d'estate il polo Nord, e dunque l'emisfero boreale, ed al solstizio d'inverno il polo Sud, e dunque l'emisfero australe.

La precessione degli equinozi è un movimento della Terra che fa cambiare periodicamente l'orientamento del suo asse terrestre rispetto alla sfera immaginaria delle stelle fisse. Per precessione s'intende una rotazione dell'asse attorno alla verticale causata dalla forma non perfettamente sferica e dall'attrazione che il Sole e la Luna esercitano sulla sporgenza equatoriale. Nel corso dei circa 26.000 anni occorrenti a compiere un giro completo, la posizione delle stelle sulla sfera celeste cambia lentamente. La precessione non è perfettamente regolare, perché la Luna e il Sole non si trovano sempre nello stesso piano e si muovono l'una rispetto all'altro, causando una variazione continua della forza

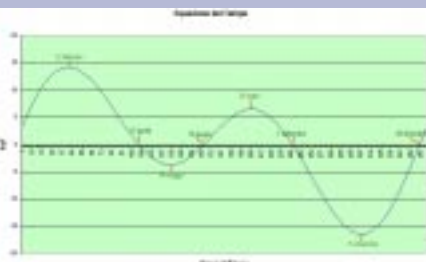
agente sulla Terra. Questa variazione produce un moto lievemente irregolare dei poli, chiamato nutazione. La precessione, a rigor di logica, è dell'asse terrestre. Viene però chiamata degli equinozi perché la rotazione della volta celeste fa sì che gli equinozi (definiti come il punto in cui l'equatore celeste e l'eclittica si incrociano) ruotano lentamente attorno al cielo, e cambiano anche di data: durante un periodo di precessione ogni equinozio (e solstizio) ritarda di 1 giorno ogni circa 70 anni, e visita quindi tutti i giorni dell'anno prima di tornare al punto di partenza. La precessione fa sì che il ciclo delle stagioni sia circa 20 minuti più breve del periodo necessario alla Terra di ritornare nello stessa posizione rispetto alle stelle: tener conto di questa differenza è importante nella compilazione di calendari e nelle regole per stabilire gli anni bisestili.



l'equazione del tempo

Il tempo indicato dall'ombra di una meridiana (*tempo vero locale*) non coincide con il tempo indicato da un orologio meccanico o elettronico (*tempo medio del fuso o tempo civile*). Per ricavare il tempo medio del fuso *tmf* dal tempo vero locale *tv* o viceversa, si applicano due correzioni: la correzione di longitudine *C* e l'equazione del tempo *Et*:

Definiamo *mezzogiorno solare vero* il momento esatto in cui il sole si trova sulla perpendicolare al punto in cui ci troviamo. A causa della forma ellittica dell'orbita terrestre, tale indicazione varia di giorno in giorno e dipende dalla nostra posizione sulla terra. Il *mezzogiorno solare medio*, visualizzato dagli orologi allo scoccare delle dodici, è quindi una convenzione universale,



impiegata per facilitare la lettura dell'ora. Il "giorno solare vero" non è un intervallo costante, bensì varia gradualmente durante l'anno fino a differire anche di 28 secondi (in più o in meno) rispetto al valore medio.

Una delle principali conseguenze di questo fenomeno è che il momento della culminazione del Sole varia nel corso dell'anno rispetto al tempo di riferimento. Questa differenza si chiama Equazione del Tempo.

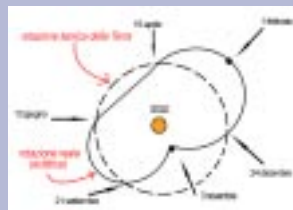
Figura in alto: differenza fra la traiettoria reale della Terra attorno al Sole e quella teorica in base alla quale si definisce il tempo solare medio.

A centro: curva della variazione

Più precisamente:

$$ET = TSM - TV$$

cioè l'Equazione del Tempo è la correzione che deve essere aggiunta al tempo indicato da una meridiana, per ottenere il tempo indicato dagli orologi. L'Equazione del Tempo può essere positiva o negativa. Solo quattro volte all'anno - 15 aprile, 13 giugno, 1° settembre e 24 dicembre - l'equazione del tempo è uguale a zero, mentre negli altri giorni dell'anno lo scarto ha una variazione che oscilla tra i +14 minuti e 26 secondi (11 febbraio) e i -16 minuti e 21 secondi (3 novembre).



Inoltre, bisogna tenere conto che, a causa della curvatura della superficie terrestre, l'angolo orario del Sole è diverso se osservato simultaneamente da due località di diversa longitudine. E' necessaria quindi una correzione di longitudine per stabilire la relazione tra le due misure di tempo.

sistemi ed unità di misura del tempo

o *Tempo assoluto.* Secondo Newton (nel suo *Principia*) il tempo è indipendente da cose ed eventi, vale a dire è assoluto, e viene definito "durata". Se tutta la materia sparisse dall'Universo, quest'evento non influirebbe sul tempo assoluto (né sullo spazio assoluto).

o *Tempo atomico.* E' il tempo misurato tramite la frequenza naturale degli atomi. Nella maggior parte degli orologi atomici viene usato l'isotopo atomico Cesio 133. Il primo orologio atomico venne costruito nel 1995 in Inghilterra, presso il Laboratorio di Fisica Internazionale

o *Sole medio.* Si tratta di un punto fittizio sull'equatore celeste che si muove a velocità costante in direzione Est che passa per il punto vernale simultaneamente al Sole vero. La sua distanza angolare dal meridiano determina il Tempo solare medio.

o *Tempo relativistico.* Secondo la teoria della relatività speciale, ogni cosa ha il suo tempo (la saggezza popolare diceva infatti: "Omnia tempus habent"). Il flusso del tempo misurato di oggetti in rapido movimento (ad esempio, delle particelle negli acceleratori o nei raggi cosmici) viene rallentato.

o *s, secondo, secondo atomico.* La sua definizione ufficiale è: "La seconde est la durée de 9.192.631.770 périodes de la radiation correspondant à la transition entre les deux niveaux hyperfins de l'état fondamental de l'atome de césium 133".

o *Giorno solare.* Il giorno solare apparente è dato dall'intervallo temporale fra due passaggi al meridiano del Sole vero. Il giorno solare medio è dato invece dall'intervallo temporale fra due passaggi al meridiano del Sole medio.

o *TAI, Tempo Atomico Internazionale (Temps Atomique International).* Negli anni '60 furono messe a punto le tecniche opportune per uniformare tutti gli orologi del mondo e fu così possibile stabilire una scala temporale atomica unica. Un vastissimo numero di orologi atomici sparsi nel mondo (oggi sono circa 350, per lo più orologi al Cesio) trasmisero i loro dati al Bureau International de l'Heure (BIH), dove viene calcolato il TAI. Esso è quindi una scala temporale statistica.

o *UT, Universal Time.* Il Tempo Universale è il tempo solare medio del meridiano di Greenwich e viene calcolato a partire dalla mezzanotte di Greenwich. La sua unità è il giorno solare medio, che corrisponde al ritmo della vita sulla Terra.

o *UTC, Coordinated Universal Time.* Il Tempo Universale Coordinato è il Tempo Universale (ossia il tempo di rotazione della Terra) coordinato con il Tempo Atomico Internazionale (TAI). L'UTC pertanto comprende entrambi i tempi, ovvero la praticità della rotazione terrestre e l'annunirevole regolarità delle oscillazioni atomiche. Diversamente dal TAI, esso conta i secondi interi e talora (se la differenza fra l'UT ed il TAI raggiunge 0,9 secondi) viene aggiunto o sottratto un "secondo bisestile".

(tratto dal sito internet dell'INAF, Istituto Nazionale di Astrofisica)

■ parti dell'orologio
e concetti di fisica coinvolti



Quando Galileo, osservando le oscillazioni del pendolo, fece la grande scoperta, per prima cosa andò a dare la notizia al Granduca.

"Eccellenza", gli disse "ho scoperto che il mondo si muove."

"Ma davvero?" fece il Granduca, meravigliato e anche un po' allarmato. "E come l'avete scoperto?"

"Col pendolo."

"Accidenti! Colpendolo con che cosa?"

Achille Campanile

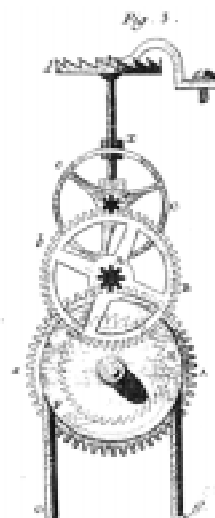
Gli otto secoli di vita dell'orologio meccanico sono contraddistinti da un'evoluzione graduale.

L'efficacia di questo strumento è dovuta sì alla creatività e all'inventiva del costruttore ma prima di tutto alla padronanza, per quanto superficiale e scarna di nozioni teoriche e di un bagaglio scientifico. Per fabbricare un orologio di elevata precisione il costruttore deve valutare attentamente numerose forze e proprietà fisiche che entrano in gioco nel funzionamento dell'orologio. Per comprendere meglio la complessità di questi strumenti e le difficoltà a cui andavano in contro gli orologiai, di seguito si andrà ad illustrare ed analizzare le dinamiche di funzionamento.

Originariamente la costruzione di un orologio meccanico si basava soprattutto sulla pratica e l'imitazione e le conoscenze teoriche del costruttore erano ridotte e

discutibili. È comunque innegabile una logica di fondo anche nei primi prodotti dell'orologeria.

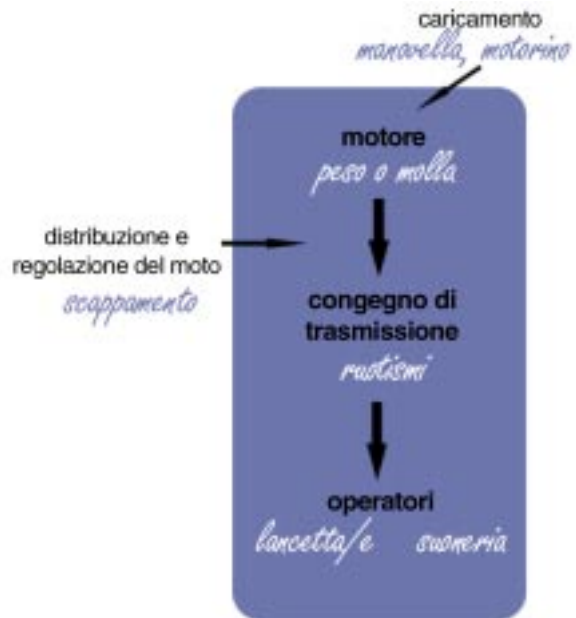
L'orologio è una sorta di sistema costituito da diversi elementi che collaborano equilibratamente tra loro. Al contrario di quanto potrebbe sembrare, come meccanismo vero e proprio, l'orologio è relativamente semplice che per funzionare necessita di continue interazioni con forze esterne. Infatti sono proprio le forze esterne a garantire il moto interno dell'orologio (per l'approfondimento dei principali concetti di fisica, vedere il riquadro).



*In alto:
ingranaggi di una sveglia a pesi di
provenienza francese. Scappamento a ruota
corona collegato al treno del tempo.*

*Pagina accanto:
schema dei principali componenti di un
orologio meccanico.*

L'orologio è un sistema composto da molteplici elementi. Inizialmente un componente chiamato organo motore trasforma la forza peso di un grave, applicato tramite un cavo alla base meccanica inferiore della struttura, e la trasforma in forza lavoro. Il cavo che trattiene il peso si svolge da un elemento cilindrico chiamato tamburo. L'energia prodotta viene quindi trasmessa ad una serie di ruote e pignoni che vanno a formare il treno degli ingranaggi. Questo sistema opera su un elemento chiamato scappamento o regolatore la cui funzione è duplice: regolare il moto oscillatorio del pendolo, dandogli la spinta necessaria a superare l'attrito che lo porterebbe ad arrestarsi gradualmente e, prima ancora, trasformare il moto continuo della discesa del peso in moto alternato degli ingranaggi.



la fisica degli orologi

La forza

Il moto dei gravi non è un evento che si genera dal nulla ma avviene in seguito ad un input esterno.

La forza può essere definita come qualsiasi cosa che sia in grado di fornire energia motoria o modificare lo stato cinetico di un corpo.

Un grave, che riceve del moto, ha naturalmente la tendenza a muoversi a velocità costante.

Questa tendenza è una proprietà fondamentale della materia. Infatti per far muovere un oggetto a velocità costante non vi è bisogno di forze che trasferiscano energia motoria.

-Se la forza totale applicata su un punto materiale è uguale a 0, allora esso si muove a velocità costante.

Reciprocamente:

-Se un punto materiale si muove a velocità costante allora la forza totale che subisce è uguale a 0.

La gravità

La forza di gravità è probabilmente la legge fisica ed il fenomeno più conosciuto. Questa forza è una proprietà intrinseca alla materia; infatti maggiore è la massa di un corpo tanto più elevata sarà la gravità che esercita.

La legge universale della gravità recita:

La forza di gravità tra due corpi è proporzionale alla loro massa e inversamente proporzionale alla distanza che li separa

(Newton, XVII secolo)

La terra quindi, data la sua massa esercita una grande influenza sui corpi circostanti.

L'inerzia

L'inerzia, come la gravità, è una proprietà fisica di cui si ha testimonianza giornaliera. A livello percettivo, escludendo il moto degli astri, sembra che sulla terra gli eventi siano soggetti ad una forza d'inerzia limitata: ad esempio un'automobile che viaggia a 50 km/h non si fermerebbe istantaneamente qualora venisse spento il motore ma rallenterebbe gradualmente. Questo rallentamento è dovuto all'attrito, ma la sua tendenza naturale sarebbe stata quella di mantenere la velocità precedente allo spegnimento del motore, 50km/h.

Il motore

Gli orologi meccanici possono avere due principi di energia motrice: tramite un peso o tramite una molla.

Il peso viene utilizzato per orologi da torre o comunque di medie e grandi dimensioni vista la mole degli ingranaggi.

La molla, di cui viene sfruttata la proprietà elastica, è tipica degli orologi trasportabili.

Il motore a peso è un tipo di tecnologia adottata fin dall'inizio nell'orologio meccanico. Un elemento cilindrico svolge un cavo collegato ad un grave il cui peso varia in relazione alla mole degli ingranaggi e quindi alla dimensione dell'orologio. Il difetto di questa tecnologia risiede nella fase di ricarica dove la momentanea sospensione del peso diminuisce la forza motrice necessaria al funzionamento dell'orologio.

Questo difetto fu risolto intorno al XVIII sec. da Cristian Huyghens che inventò uno stratagemma che garantiva continuità nella trasmissione di forza anche durante il caricamento. Questa tecnica, di compensazione si rivelò efficace e fu largamente adottata.

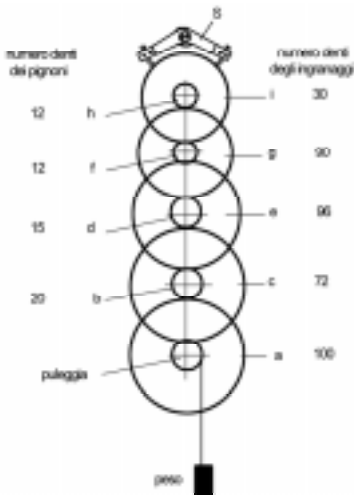
Il modulo è un indice importantissimo perché due ruote "ingranano" bene se il rapporto tra il diametro ed il numero dei denti è uguale.

Accoppiando una ruota A con una ruota B e trasmettendo il moto di rotazione della A verso la B, la B si muoverà in senso contrario ed il suo asse KB farà un numero di giri pari al rapporto fra il numero dei denti della ruota A e il numero dei denti della ruota B ovvero:

$$KB = nA/nB$$

Se, ad esempio $nA=60$ e $nB=30$ i giri di KB saranno 2 per 1 di KA.

Per calcolare il treno di ruote necessario ad azionare lo scappamento di un orologio è indispensabile quindi stabilire innanzi tutto il tempo che impiegherà la ruota di scappamento a fare un giro completo e quanti giri dovrà fare la ruota maestra, cioè quella che comanda il congegno indicatore in un'ora.



Treno d'ingranaggi per orologio con pendolo da secondo e carica da otto giorni

- a - puleggia motrice (contrappeso a molla)
- b - pignone intermedio
- c - ingranaggio intermedio
- d - pignone dell'albero dei minuti
- e - ingranaggio dei minuti
- f - pignone intermedio
- g - ingranaggio intermedio
- h - pignone dell'albero dei secondi
- i - ingranaggio dei secondi o ruota di scappamento
- S - ancora

(tratto da E. Garuffa, *Orologeria Moderna*, Hoepli, 1931)

Congegno di trasmissione: gli ingranaggi

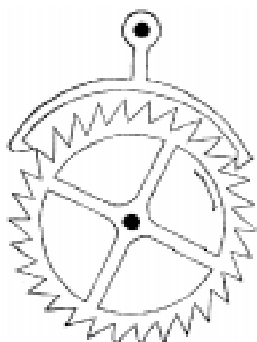
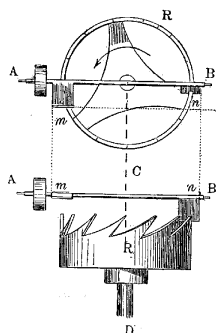
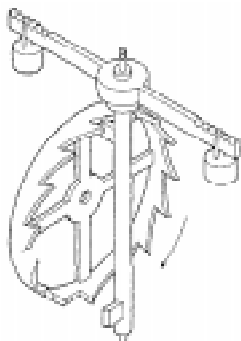
Il cuore dell'orologio è costituito da ingranaggi. Questi componenti variano per dimensioni, numero e forma a seconda della tipologia e dimensione dell'orologio. Negli orologi da torre si distingue poi il treno degli ingranaggi del tempo (las ruvedas dal timp), che è quello o quelli della soneria (las ruvedas dal bati).

Ogni ruota dentata è caratterizzata da due elementi ben precisi e facilmente individuabili:

- il numero dei denti "n"
- il modulo "m"

In particolare $m = \text{diametro}/n$





Il meccanismo di distribuzione e regolazione del moto: lo scappamento

Si è detto che l'energia trasmessa dal treno degli ingranaggi giunge ad un elemento, lo scappamento, che ha lo scopo di trasformare il moto continuo in moto alternato e di ridare al bilanciere o regolatore l'energia persa durante l'oscillazione.

Scappamento a bilanciere

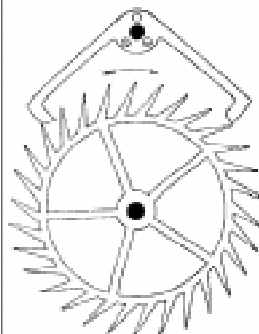
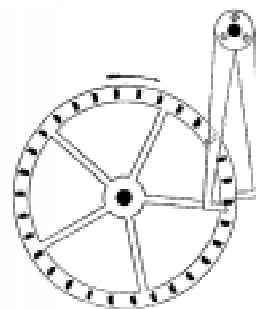
Fu inventato attorno al XIV secolo e si dimostrò estremamente valido, visto che ci volle mezzo millennio prima che venisse definitivamente abbandonato. È costituito da una ruota detta *caterina* con sue particolari caratteristiche (*sinistra, in alto*). Questa ingrana nelle due palette della verga, che è l'albero al quale è fissato il bilanciere.

Scappamento a verga con pendolo a coda di vacca (ruota corona orizzontale)

Tipico degli orologi domestici pesarini, anche questo scappamento utilizza le palette, ma il pendolo corto, posto anteriormente, fa sì che la regolazione sia più accurata. L'asse della verga e quello della ruota di scappamento si incontrano ad angolo retto. La verga AB (*sinistra, al centro*), obbligata ad oscillare con il pendolo, porta due palette

Scappamento ad ancora di rinculo

L'invenzione di questo scappamento è generalmente attribuita a Clement o a Hooke verso il 1670. Questo modello ha una ruota con denti radiali e inclinati, sovrastata da un'ancora rovesciata che da il nome allo scappamento. L'ampiezza dell'ancora, il profilo delle palette e quello dei denti è molto importante del determinare le caratteristiche dell'azione di impulso, d'arresto e di svincolo. Anche se, come si è già detto, questo tipo di scappamento



In questa pagina, tipi di scappamento.

Dall'alto, a sinistra: scappamento a bilanciere; scappamento a verga; scappamento ad ancora a rinculo.

A destra: scappamento ad ancora a riposo o di Graham.

Nella pagina accanto: tamburo ed ingranaggi di orologio da torre dell'Ottocento (part.).

risulta molto impreciso, tuttavia venne utilizzato per molti secoli.

Scappamento a caviglie

Inventato verso la metà del 1700 ed utilizzato per circa un secolo, prevalentemente in Francia, è costituito da una ruota con pioli piantati lungo la circonferenza, su una faccia sola oppure in modo alternato su entrambe, e da un'ancora disposta tangenzialmente.

Scappamento ad ancora a riposo

Questo tipo di scappamento fu inventato da Graham verso il 1719. E' quello più utilizzato negli orologi da torre e si è affiancato a quello a rinculo. La struttura è simile a quello a rinculo ma l'innovazione fondamentale consiste in una diversa forma dei denti e delle palette. Infatti il difetto principale di quello a rinculo stava proprio dell'errore della misura dell'angolo di scappamento. Invece su questo scappamento i denti non incontrano superfici d'arresto e quindi non retrocedono, ma riposano con la sola frizione lungo le superfici apposite delle palette.

Gli operatori: le lancette e i dispositivi di suoneria

Nei primi orologi, la lancetta è fissa ed indica l'ora da leggere. Successivamente, l'indice dell'ora viene reso mobile e, ad esso, si affianca quello dei minuti, dopo la scoperta dell'isocronismo del pendolo. Nel 1800 viene quindi aggiunta anche la lancetta dei minuti secondi. Ovviamente, all'aumentare del numero di lancette corrisponde un aumento della complessità dei rotismi, ossia delle cosiddette complicazioni. Per inciso, l'orologio più complicato del mondo è un orologio astronomico da tasca a movimento meccanico, il Calibro 89 della Patek Philippe, che comprende ben 33



In alto:
sistema di suoneria con
ruota spartiora.
A lato: sistema a
rastrelliera.

complicazioni ed è formato da 1728 pezzi.

I dispositivi di suoneria servono, oltre che per dare l'avviso di un'ora prefissata (soneria sveglia) - come nello svegliarino monastico, in cui è regolata dalla ruota a chiocciola - anche per annunciare le ore e le frazioni (soneria oraria). In quest'ultimo caso la segnalazione acustica viene ottenuta mediante una ruota (spartiora o chaperon) con undici intagli di ampiezza crescente; per impedire allo spartiora di scorrere si pone una piccola leva, azionata dalla ruota che porta la lancetta dei minuti, in uno degli intagli: la leva ne esce, mettendo in azione il martello della soneria quando la lancetta dei minuti sta sull'ora esatta; esaurito il proprio compito, quando lo spartiora ha ruotato, rientra nell'intaglio successivo.

Altro sistema impiegato negli orologi da torre è quello cosiddetto a rastrelliera (detta siega, ovvero sega, dagli orologiai pesarini per la forma caratteristica). La rastrelliera è

regolata da una camma eccentrica (curisin), fermata da una leva di trattenuta (sapònta) e comandata da una leva a scatto (distindi). Collegato a questo sistema e situato posteriormente ci è un freno ad aria che evita rotture quando tutti gli ingranaggi si arrestano.

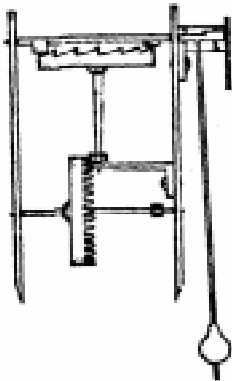
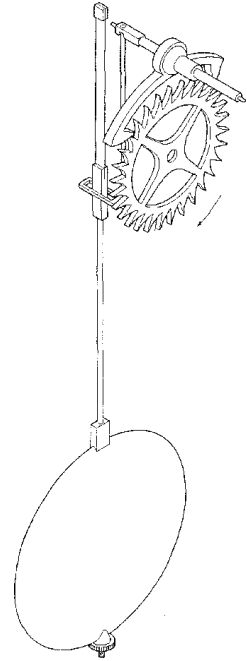
Il sistema a rastrelliera ha il vantaggio, rispetto a quello a spartiora, di autoazzerarsi quando arriva al dodicesimo rintocco.

Il pendolo

La scoperta delle leggi che regolano il moto oscillatorio del pendolo è dovuta allo scienziato toscano Galileo Galilei (1564-1642). Si racconta che il giovane Galileo avesse rilevato l'isocronismo delle piccole oscillazioni di un lampadario del Duomo di Pisa confrontandole con il battito del suo polso. Correva l'anno 1583. Galileo affermò che le piccole oscillazioni si compiono nello stesso tempo, ossia hanno la medesima durata indipendentemente dalla loro ampiezza (se l'arco non supera i $7-10^\circ$). Fu l'olandese Huygens a dimostrare che le oscillazioni sono perfettamente isocrone solo quando il pendolo percorre non un arco di circonferenza bensì un arco di cicloide rovesciato, il che si ottiene con una sospensione flessibile posta fra due ganasce cicloidalì.

Pendolo semplice e pendolo composto

Un pendolo semplice è un piccolo peso vincolato ad un sostegno per mezzo di un filo flessibile, non estensibile e di massa trascurabile. La posizione d'equilibrio del pendolo è quella nella quale il centro di sospensione, il filo teso, e il centro del pesetto sono allineati lungo la verticale. Se Allontanando il pesetto dalla posizione di equilibrio lasciandolo libero di muoversi, per effetto della gravità esso inizia ad oscillare attorno a questa posizione, chiamata centro di oscillazione, partendo da una velocità iniziale pari a zero per raggiungere l'accelerazione massima nel punto di equilibrio; a questo punto l'energia accumulata spinge il pendolo oltre la posizione di equilibrio e quindi l'effetto della forza di gravità si inverte, agendo da freno fa rallentare la corsa del pendolo, il quale inverte direzione, nel punto di ritorno e ricomincia il suo oscillamento. Il periodo del pendolo è il tempo che esso impiega a compiere una oscillazione completa, cioè a tornare nella posizione da cui è partito e nelle stesse condizioni di movimento.



Evoluzione del pendolo.

In alto: pendolo corto a "coda di vacca", in posizione anteriore, degli orologi da parete domestici.

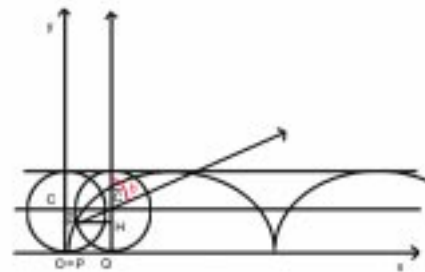
A destra in alto: pendolo da metro con scappamento ad ancora.

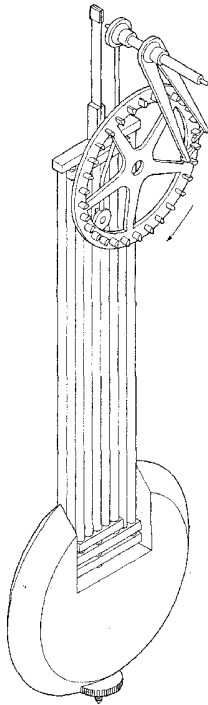
Nella pagina successiva: pendolo a compensazione.

La cicloide

(da "La geometria analitica. Il metodo delle coordinate" di L. Berzolari. Manuali Hoepli Serie Scientifica 388-389. Ulrico Hoepli Editore-Libraio Della Real Casa Milano- 1911).

Se un cerchio rotola senza strisciare sopra una retta fissa, detta base- così che in ogni istante l'arco di circonferenza che si è sviluppato sulla base sarà uguale al segmento rettilineo percorso dal centro - un qualunque punto P del piano, che sia rigidamente connesso col cerchio, descrive una curva che chiamasi cicloide, e precisamente cicloide *ordinaria* se il punto appartiene alla circonferenza, *allungata* (cycloides prolata, inflexa) o *accorciata* (cycloides curvata, nodata), se esso giace invece all'interno o rispettivamente all'esterno del cerchio.





Questo pendolo però è materialmente irrealizzabile in quanto dovrebbe avere la massa concentrata in un unico punto e dovrebbe essere sospeso mediante un filo completamente rigido ed inestensibile. Il pendolo semplice è solamente una guida per conoscere e costruire il pendolo composto, ossia quello effettivamente realizzabile, che pur mantenendo il suo isocronismo è soggetto ad altre forse quali l'attrito dei materiali e quello dell'aria e quindi è destinato a fermare il suo movimento oscillatorio.

L'isocronismo

L'oscillazione del pendolo semplice e complesso viene definita isocronica in quanto benché l'ampiezza di oscillazione del pendolo vari il tempo che impiega a compiere un intero periodo non cambia ma è direttamente proporzionale alla lunghezza dell'asta.

Da questo principio si ricava la formula per desumere il periodo del tempo

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$$

Ovvero che è uguale a due volte la radice quadrata del rapporto fra la lunghezza del pendolo e l'accelerazione di gravità.

Ad esempio prendendo in esame un pendolo lungo 1 metro si ricava che

Da questa equazione derivano le quattro leggi del pendolo:

1. Le piccole oscillazioni si compiono nello stesso tempo (sono isocrone), indipendentemente dall'ampiezza.
2. Il periodo non dipende dalla massa del pesetto.
3. Il periodo è direttamente proporzionale alla radice quadrata della lunghezza L del pendolo
4. Il periodo è inversamente proporzionale alla radice quadrata dell'accelerazione di gravità g .

Scrivendo diversamente la formula del periodo del pendolo, si ottiene la lunghezza che dovrebbe teoricamente avere l'asta del pendolo per un dato periodo

$$L = \frac{g T^2}{4\pi^2}$$

ossia, posto che l'accelerazione di gravità per piccole oscillazioni è pari a 981 cm/sec², si ricava che un pendolo che batte il secondo dovrà avere una lunghezza di 994 mm.

Periodo e lunghezza del pendolo semplice

n. oscillazioni semplici orarie	Periodo secondi	Lunghezza del pendolo (in mm)	Variazione di lunghezza per 1" in 24h (mm)
3400	2	994	1,35
4800	1,5	559,1	0,76
6000	1,2	357,8	0,48
7200	1	248,5	0,34
9000	0,8	159	0,22

Il problema della dilatazione

Mentre il pendolo semplice è un'entità puramente teorica, costituita da un peso puntiforme, un filo senza peso ed inestensibile, i pendoli reali - chiamati, come si è detto, composti - sono caratterizzati da un corpo o lente con un determinato peso, da un'asta rigida di collegamento con il centro di sospensione e da elementi di sostegno e sospensione.

Nella costruzione di un pendolo composto, dal momento che la lunghezza è maggiore e quindi oscilla più lentamente di uno corto, è necessario tener presente il problema della dilatazione che può subire l'asta al variare della temperatura: il calore dilata i corpi, il freddo li contrae, pertanto diventa fondamentale la ricerca di un materiale che abbia un coefficiente di dilatazione più piccolo possibile.

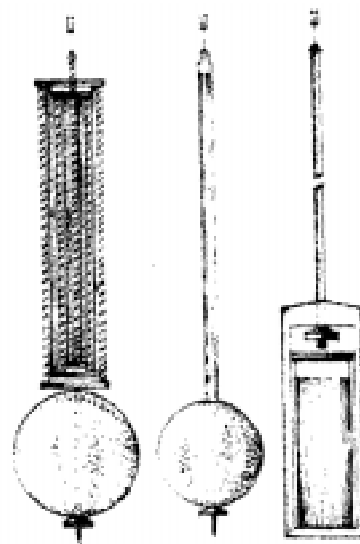
Fu lo svizzero C.E. Guilleme (1861-1938) ad introdurre la lega cosiddetta invar realizzando orologi praticamente insensibili a variazioni di temperatura comprese tra -50°C e $+100^{\circ}\text{C}$. L'invar è un acciaio con un tenore di nickel del 36% circa e con piccole quantità di altri elementi, aggiunti a scopo di migliorarne la lavorabilità oppure non eliminati completamente durante il ciclo produttivo.

Una soluzione comune in orologeria è di costruire l'asta del pendolo con due o più materiali con coefficienti di dilatazione differenti e il cui allungamento o contrazione si compensino. A seconda del tipo di orologio i materiali impiegati sono differenti: ad esempio, per le pendole astronomiche e i regolatori di precisione si utilizzano l'invar di prima categoria e l'ottone, mentre per gli orologi ordinari si possono impiegare l'acciaio o il legno assieme all'ottone, al ferro o allo zinco.

Coefficienti di dilatazione dei materiali comunemente utilizzati nella costruzione dei pendoli

All'aumentare della temperatura di 1 centigrado, un'asta di Invar lunga 10 chilometri si allunga fra gli 0,8 e i 2 cm. Per contro, un'asta in acciaio nelle stesse condizioni si allungerebbe di 11 cm., una in ottone di 19, una in alluminio di 25,5. Essendo 10 chilometri corrispondenti ad un milione di centimetri, le espansioni vengono espresse di solito in parti per milione per grado di variazione della temperatura

Rame	0,0000167
Zinco	0,0000291
Mercurio	0,0001544
Invar I	0,0000008
Invar II	0,0000016
Acciaio nichel 30%	0,0000058
Ottone	0,0000187
Piombo	0,0000297
Legno secco (abete)	0,0000035
Acciaio	0,0000115
Ferro	0,0000110



Sopra: pendoli di compensazione.

Da sinistra a destra: griglia di diverse (fino a nove) aste di zinco ed acciaio che si dilatano e contraggono a ritmi differenti; asta di legno, che non subisce grandi variazioni di caldo e freddo; vaso di mercurio: con l'aumento della temperatura l'asta si allunga ma la colonna di mercurio sale, viceversa accade con la diminuzione della temperatura.

Confronto sulla precisione degli orologi

L'esperienza consiste nella misura, mediante un cronometro, della precisione degli orologi funzionanti presenti nel museo.

Sono state raccolte 5 misure per ogni orologio, in ciascuna delle quali è stato registrato il ritardo o l'anticipo su un'ora rispetto al cronometro. Delle 5 misurazioni effettuate si è calcolato l'errore medio e l'intervallo di errore.

La misura di una grandezza come il tempo si basa sul confronto tra una grandezza campione, presa come unità di misura, e quella in esame. La misura campione in questo caso è il secondo, definito come la 86400esima parte del giorno solare medio.

Errori di misura

L'operazione di misura è un fatto sperimentale e in quanto tale contiene delle approssimazioni dovute:

- allo strumento da misurare (orologio in questione);
- allo strumento di misurazione (cronometro digitale);
- allo sperimentatore (colui che effettua l'esperimento);

- al metodo di misura.

Tipi di errore

Gli errori di misura sono di due tipi: *sistematici* e *casuali*.

Un errore casuale è risultato dell'azione contemporanea di numerosi fattori, ciascuno di piccola entità, che si sommano e si sottraggono differentemente ogni volta che eseguiamo una misura.

Gli *errori casuali* possono essere ridotti in modo statistico aumentando il numero delle misurazioni e rendendo perciò la misura più precisa. Per cercare quindi di ridurre al minimo l'errore casuale, si debbono quindi effettuare più misurazioni e considerare il valore medio, eventualmente stimando l'intervallo d'incertezza (= metà differenza tra valore massimo e valore minimo).

Un *errore sistematico* invece è dovuto all'azione di una sola causa che agisce costantemente in un verso. Ad esempio, l'errore cosiddetto di parallasse è causato dalla lettura di una scala

guardando in direzione non perpendicolare.

Nel caso di un orologio meccanico è interessante valutare il suo errore sistematico, ovvero un errore che si verifica sempre nello stesso senso (ritardo o anticipo) ed è caratteristico di quel orologio.

Sarà necessario confrontare un orologio "sufficientemente" preciso ed attendibile con l'orologio in esame durante un periodo prestabilito e valutare lo scarto tra i due valori.

Esempio:

L'orologio anticipa di 30 secondi su un'ora

L'errore sistematico è:

$E_s = -30 \text{ sec.}$

E quindi la misura sarà:

$t = 3600 - 30$

Errori relativi e percentuali

Per avere una stima della precisione della misura si ricorre al concetto di errore relativo, rapportando l'errore sistematico al valore della misura:

$$Er = -30/3600 = 0,008$$

Orol.	1 misura			2 misura			3 misura			4 misura			5 misura			errore medio	int errore
	p	t	e	p	t	e	p	t	e	p	t	e	p	t	e		
id04	11.13	12.14	1	11.26	12.28	2	11.11	12.12	1	10.05	11.05	0	11.29	12.30	1	1	1,00
id05	11.13	12.14	1	11.27	12.30	3	11.11	12.10	-1	10.09	11.13	4	11.29	12.31	2	2	2,50
id07	10.00	11.05	5	10.58	11.02	4	11.45	12.47	2	9.30	10.35	5	11.35	12.36	1	3	2,00
id08	11.12	12.13	1	11.10	12.11	1	10.09	11.13	4	10.06	11.08	2	11.35	12.37	2	2	1,50
id11	11.13	12.14	1	11.15	12.18	3	13.51	14.55	4	11.29	12.31	2	11.30	12.31	1	2	1,50
id15	11.09	12.11	2	11.11	12.12	1	11.13	12.15	2	10.07	11.10	3	11.29	12.29	0	2	1,50

■ catalogo del museo
dell'Orologeria Pesarina

sezione orologi da parete e da torre





L'interno del Museo.

Svegliarini monastici

Origini e analisi
descrittiva

Primo ad utilizzare un motore a peso e dei meccanismi regolatori e distributori, pare che la sua introduzione sia da far risalire al XIII-XIV sec. in sostituzione degli svegliatori ad acqua in uso nei monasteri, luoghi dove la vita comunitaria aveva portato alla necessità di scandire in maniera regolare il tempo.

I primi erano congegni caratterizzati da un errore giornaliero molto grande (dovevano essere regolati ogni giorno a mezzodì con la meridiana) e che suonavano soltanto in certe ore. Solo nel 500 venne introdotto il quadrante delle ore con un'unica lancetta.

Inizialmente era l'indice ad essere fisso, il quadrante ruotava di fronte ad una lancetta indicante l'ora da leggere, in quanto era accoppiato con l'asse della ruota principale; solo in seguito fu reso fisso il quadrante e, ancora successivamente, fu introdotto anche l'indice per i minuti.

Lo scappamento dello svegliarino è quello cosiddetto a foliot (o Antico Scappamento, Encyclopédie di Diderot e D'Alambert). Pare sia stato inventato verso il 1275, da ignoto. Consisteva in un volano, o bilanciere, fatto da due bracci con due pesi che potevano essere spostati per regolare il

battito. Questo volano, girando ora in un verso ora in un altro, permetteva al suo perno (verga), provvisto di due camme, di bloccare ad intervalli regolari una ruota a dente di sega, ultimo mobile del treno del tempo. Ovviamente, dopo l'avviamento manuale del sistema, si innescava un feed-back (come, anche se in modi diversi, succede in tutti gli scappamenti): mentre il volano blocca periodicamente la ruota a dente di sega al fine di far camminare il treno di pari passo allo scorrere convenzionale del tempo, i denti della ruota trasmettono al volano la forza per continuare a muoversi, superando gli attriti.

Il quadrante indicava tutte le ventiquattro ore; in corrispondenza di ogni ora, sulla circonferenza esterna vi è un foro dove si inserisce il ferretto della sveglia. La suoneria viene azionata quando il ferro, inserito

nel foro dell'ora prescelta, raggiunge l'indice delle ore azionando la levetta che libera un rullo con peso e facendo così girare una manovella che mette in movimento la campana.



id 3

tipologia svegliarino monastico

elementi descrittivi

costruttore		Alvio Machin	
proprietario		Com. Prato Carnico	
luogo di produzione		Pesariis	
localizzazione attuale		Museo Orologeria	
data di creazione	1993	data di ingresso	1995
stato di conservazione		ottimo	



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto , ottone
scappamento	a verga
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	sveglia
configurazione del quadrante	24h, numeri romani

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
34	22	17

precisione (min)

errore	n.d.
intervallo d'errore	n.d.

Riproduzione su disegni originali

id 5

tipologia svegliarino monastico

elementi descrittivi

costruttore	Alvio Machin		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1700	data di ingresso	1995
stato di conservazione	discreto		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto , ottone
scappamento	a verga
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	sveglia
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
26	15	12

precisione (min)

errore	-2
intervallo d'errore	2,5

Sveglia mancante

id 7

tipologia svegliarino monastico

elementi descrittivi

costruttore	Daniele Crosilla		
proprietario	Daniele Crosilla		
luogo di produzione	Patossera (Ovaro)		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1997	data di ingresso	1997
stato di conservazione	ottimo		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto , ottone
scappamento	a verga
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	sveglia
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
23	13	12

precisione (min)

errore	-3
intervallo d'errore	2

Riproduzione

Orologi della Foresta Nera

Origini e analisi descrittiva



Secondo gli storici dell'orologeria, essa ebbe il massimo sviluppo iniziale (sec. XVI) in Germania: erano in quel tempo famosi piccoli orologi da tasca detti *uova di Norimberga*, e si sa che il re di Francia Carlo V chiamò un germanico, Enrico de Vich, a costruire l'orologio del Palazzo di Giustizia della Città.

Nei villaggi della Foresta Nera si diffusero piccoli laboratori di tipo familiare dove si iniziarono a costruire anche orologi da parete che, a differenza di quelli bavaresi ed austriaci erano molto più semplici e più adatti alle esigenze del mondo contadino.

Attualmente, la cosiddetta *Uhrenstrasse*, Strada degli

Orologi, collega in un interessante percorso turistico una dozzina di villaggi a tradizione orologiaia, ciascuno dei quali è caratterizzato da un suo proprio modello di orologio.

La gabbia di questi orologi era generalmente composta in legno e anche gli ingranaggi quando non avevano il bordo dei denti in ferro venivano costruiti completamente in questo materiale. Soltanto i perni, per motivi di attrito venivano fabbricati in metallo.

Veniva utilizzato per lo più lo scappamento a verga con bilanciere a pesi o con pendolo a coda di vacca (corto e posto anteriormente); raramente si impiegava lo scappamento ad ancora. Il meccanismo di carica

era quello a peso con tamburo a mordente.

Il quadrante era in legno dipinto e verniciato, suddiviso in 12 ore, le quali erano raffigurate con numeri romani, e a volte riportava anche i minuti, in cifre arabe.

id 9

tipologia orologio domestico

elementi descrittivi

costruttore	ignoto		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Foresta Nera		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1700	data di ingresso	1995
stato di conservazione	pessimo		



caratteristiche tecniche

materiali	cassa in legno, ruote in ottone
scappamento	a verga
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	
configurazione del quadrante	

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
14	11	13

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Non funzionante; manca il quadrante. In pessimo stato di ossidazione, il metallo è ossidato, il legno in decomposizione.

id 16

tipologia orologio domestico

elementi descrittivi

costruttore	ignoto		
proprietario	Alvio Machin		
luogo di produzione	Foresta Nera		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1700	data di ingresso	1997
stato di conservazione	buono		



caratteristiche tecniche

materiali	legno , ottone, ferro
scappamento	ad ancora a riposo
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	sveglia
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
33	20	20

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

id 10

tipologia orologio domestico

elementi descrittivi

costruttore		ignoto	
proprietario		Com. Prato Carnico	
luogo di produzione		Foresta Nera	
localizzazione attuale		Museo Orologeria	
data di creazione	1750	data di ingresso	1998
stato di conservazione		discreto	



caratteristiche tecniche

materiali	struttura in legno e ferro
scappamento	ad ancora
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	chiocciola, sveglia
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)		
lungh.	largh.	prof.
43	24	25

precisione (min)	
errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Pesi mancanti.
Complicazioni: giorni del mese, giorni della settimana, e fasi lunari (in modo grafico e numerico).

Orologi domestici pesarini

Origini e analisi descrittiva

Sulle origini della produzione orologiaia di Pesariis si è già diffusamente parlato nella sezione dedicata alla storia locale. E' sufficiente ricordare in questa sede il collegamento esistente con le botteghe artigiane della Foresta Nera, dove probabilmente i migranti stagionali appresero le tecniche di fabbricazione. Infatti, le somiglianze costruttive tra i modelli sono rilevanti ed entrambi si distinguono da altre produzioni, ad esempio quella francese.

L'orologio domestico pesarino, detto anche a lanterna per la sua forma caratteristica, è costruito in ferro, successivamente con ingranaggi in ottone.

La struttura portante è costituita da tre piastre verticali, che separano i rotismi del tempo e del battere, inserite in due piastre orizzontali e quattro colonnine quadre. Posteriormente, una staffa di sostegno e due speroni che, infissi nel muro, garantiscono stabilità durante le operazioni di ricarica.

Il quadrante, pure in ferro, oltre ad essere decorato a tempera con motivi floreali o astronomici, è spesso arricchito da un fregio per nascondere la campana (generalmente, di

bronzo, o bronzo e stagno); in taluni casi può essere sormontato da un automa rappresentato da un gnomone oppure un moro. Ai lati, due porticine per ispezionare gli ingranaggi.

La forza motrice viene data dai due pesi che, collegati alla fune (nota: la canapa di cui erano costituite le corde veniva coltivata e lavorata direttamente a Pesariis), trascinano i treni degli ingranaggi. Il sistema di carica è costituito da pulegge stringicorda a facce mordenti.

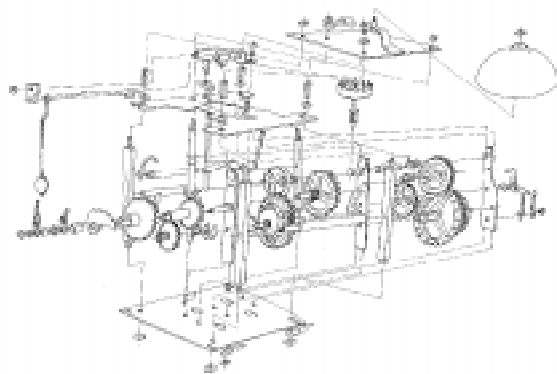
Il pendolo, posto anteriormente davanti al quadrante, è corto, del tipo cosiddetto "a coda di vacca" con un pesetto a forma di pera; solo in seguito viene sostituito dal pendolo posteriore. Lo scappamento è quasi sempre a verga con ruota corona in orizzontale per consentire il

movimento del pendolo, in alcuni modelli invece può essere ad ancora di Graham.

Il treno del battere è regolato da una particolare ruota a chiocciola, la coclea.

Una delle particolarità di questo orologio è di avere la "ribotta", cioè ribattere l'ora circa dopo 2-3 minuti su di una campana in bronzo, inoltre, è provvisto di una piccola cordicella, sul lato sinistro, che consente di ripetere il battere dell'ora più vicina, in modo da non doversi alzare durante la notte.

Nella foto:
Modello esploso di
orologio pesarino del XVIII sec.



id 8

tipologia domestico pesarino

elementi descrittivi

costruttore	Daniele Crosilla		
proprietario	Daniele Crosilla		
luogo di produzione	Patosserra (Ovaro)		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	2000	data di ingresso	2000
stato di conservazione	ottimo		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro, ottone, campana in bronzo
scappamento	a verga
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale, a cric
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	chiocciola, sveglia
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
45	28	20

precisione (min)

errore	-2
intervallo d'errore	1,5

Riproduzione su disegno originale.

id 6

tipologia domestico pesarino

elementi descrittivi

costruttore	ignoto		
proprietario	Alvio Machin		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1700	data di ingresso	1995
stato di conservazione	pessimo		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto , ottone
scappamento	a verga
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	sveglia
configurazione del quadrante	assente

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
17	8	8

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Quadrante, pendolo e parte dei ruotismi mancanti.

4

id

tipologia domestico pesarino

elementi descrittivi

costruttore	Alvio Machin		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1997	data di ingresso	1997
stato di conservazione	ottimo		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro , ottone, campana in bronzo
scappamento	a verga
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	sveglia
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
27	19	13

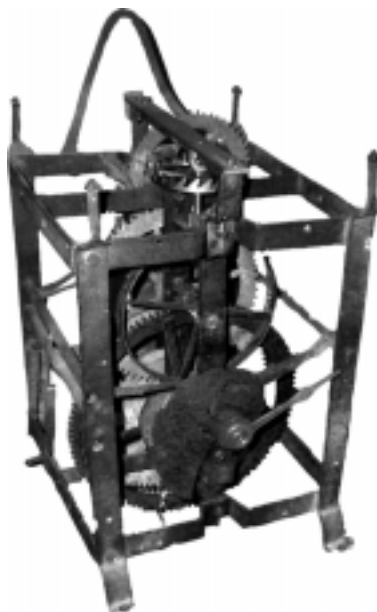
precisione (min)

errore	-1
intervallo d'errore	1

Riproduzione su disegno originale.

Orologi da torre del XVIII secolo

Origini e analisi descrittiva



Come per gli orologi domestici non si sa di preciso la data di prima fabbricazione ma si suppone che siano stati introdotti nel 1700 e nei secoli successivi si sono evoluti raggiungendo una precisione sempre maggiore.

Nel periodo de XVIII secolo lo scappamento usato era quello a verga o in alternativa quello a caviglie o ad ancora a rinculo, che assieme a materiali poco adatti come ferro e legno erano poco precisi e si consumavano presto, necessitando così di frequenti sostituzioni e messe a punto oltre che di una regolazione quotidiana. Infatti le ruote erano ottenute da lame di ferro, piegate a caldo delle quali la dentatura veniva tracciata a mano con alte probabilità di errore. I pesi per far funzionare l'orologio variavano in funzione

della grandezza degli ingranaggi e della campana.

Il meccanismo è racchiuso in una struttura "a gabbia d'uccello", inizialmente assemblata con dei cavicchi metallici, poi con viti a dado.

Il quadrante, suddiviso in 12 ore, nel 1700 si trovava quasi sempre solamente all'esterno, sulla torre, e quindi la mancanza di un piccolo quadrante sul meccanismo rappresentava un ulteriore problema per la regolazione dell'ora.

id 14

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore	Fabbrica Solari		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1700	data di ingresso	1995
stato di conservazione	discreto		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro, tamburo in legno, boccole in ottone
scappamento	a caviglia
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	peso supplementare
tipo di suoneria	chiocciola
configurazione del quadrante	sulla torre

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
75	60	80

precisione (min)

errore	n.d.
intervallo d'errore	n.d.

 Quadrante di regolazione assente.

id 22

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore		Fabbrica Solari	
proprietario		Com. Prato Carnico	
luogo di produzione		Patossera (Ovaro)	
localizzazione attuale		Museo Orologeria	
data di creazione	1700	data di ingresso	2003
stato di conservazione		discreto	



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto
scappamento	a verga
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	chiocciola
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)		
lungh.	largh.	prof.
50	40	40

precisione (min)	
errore	n. d.
intervallo d'errore	n.d.

id 13

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore	Fabbrica Solari		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1700	data di ingresso	1995
stato di conservazione	discreto		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto
scappamento	ad ancora
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	
tipo di suoneria	ruota spartitora
configurazione del quadrante	sulla torre

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
90	65	75

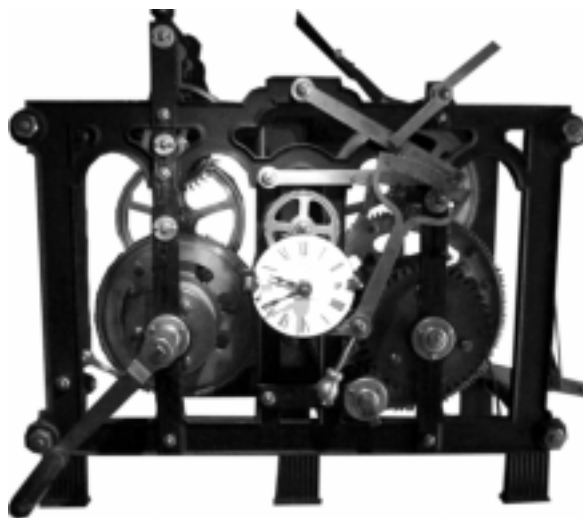
precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n.d.

Quadrante di regolazione assente.

Orologi da torre del XIX secolo

Origini e analisi descrittiva



Nel 1800, secolo caratterizzato dalla **Rivoluzione Industriale**, l'orologio subisce una notevole evoluzione, a partire dal telaio che viene assemblato con elementi in ghisa fusi in fonderie industriali con stampi in legno forniti dal costruttore. Altra fondamentale innovazione è il passaggio dal ferro all'ottone nella costruzione degli ingranaggi: l'ottone infatti essendo più duttile può venire fuso in stampi anziché forgiato e limato a mano; inoltre, è materiale con minore attrito. Tutto ciò garantisce una maggiore precisione.

Lo scappamento, dai primi modelli ad ancora a rinculo o a caviglia, alla fine del secolo viene sostituito da quello ad ancora di Graham - che consente di minimizzare l'errore di misurazione - mentre, per

quanto riguarda la suoneria si passa dal sistema a chiodi alla ruota spartitore con tacche che però ha lo svantaggio di . Per rimediare al fatto che durante la ricarica manuale l'orologio si arresti si è aggiunto un peso supplementare per compensare la mancanza di energia durante l'operazione, aumentando così la precisione e l'affidabilità dell'orologio.

Il quadrante oltre che sulla torre viene posto anche all'interno, sulla gabbia per facilitare la regolazione da parte dell'addetto.

id 2

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore	G. e L. Solari		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1850	data di ingresso	1999
stato di conservazione	ottimo		



caratteristiche tecniche

materiali	ghisa, ferro, boccole in ottone
scappamento	ad ancora a rinculo
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale, a cric
mantenimento di carica	peso supplementare
tipo di suoneria	ruota spartitore
configurazione del quadrante	sulla torre, 12hi

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
65	74	50

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Quadrante di regolazione assente.

id 18

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore	Fratelli Solari		
proprietario	Frazione di Pieria		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1860	data di ingresso	1998
stato di conservazione	ottimo		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto , ottone
scappamento	ad ancora a rinculo
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	peso supplementare
tipo di suoneria	ruota spartiore
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lung.	largh.	prof.
60	75	51

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

15

id

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore	Fratelli Solari		
proprietario	Comune Tolmezzo		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1890	data di ingresso	1995
stato di conservazione	buono		



caratteristiche tecniche

materiali	ghisa, ferro, ottone
scappamento	ad ancora a rinculo
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	peso supplementare
tipo di suoneria	ruota spartiore
configurazione del quadrante	sulla torre e interno,

dimensioni (cm)

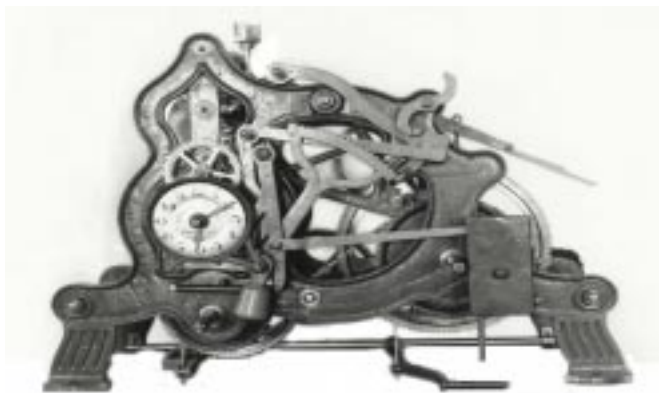
lungh.	largh.	prof.
65	73	51

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Orologi da torre del XX secolo

Origini e analisi descrittiva



Il secolo XX vede un ulteriore perfezionamento nella costruzione degli orologi da torre. La fabbrica Solari nel 1906 pubblica il primo catalogo dei suoi modelli riportando l'attestazione dei sindaci e dei parroci di gran parte dei paesi del Veneto, del Friuli, dell'Istria e della Dalmazia. A parte le interruzioni dovute ai conflitti mondiali, la fabbrica si espande e diviene nota in Italia e all'estero. A partire dagli anni venti però il ruolo giocato dagli orologi da torre diviene sempre minore, in quanto la Solari si dedica soprattutto alla ricerca di prodotti innovativi, rappresentati all'epoca da orologi di controllo e teleindicatori.

Il 1900 portò nell'industria orologiera una grande novità, l'elettricità, che permise l'installazione di un motore il cui movimento era avviato o interrotto dal peso stesso. Questo infatti, una volta raggiunto il limite di svolgimento faceva

scattare un interruttore che innescava il motore il quale, dopo aver riavvolto completamente il peso sempre grazie a quest'ultimo si arrestava, splendido esempio di sistema ad autoregolazione. La meccanica dei rotismi invece non subì notevoli variazioni, soltanto nel meccanismo di compensazione (che entra in funzione durante la ricarica per impedire che l'orologio si fermi, vedi orologio da torre del 1700) al posto di un peso supplementare viene inserito nel tamburo un differenziale. Neanche per quanto riguarda il quadrante le variazioni sono percepibili.

id 1

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore	G. e L. . Solari		
proprietario	Comune Clauzetto		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1900	data di ingresso	1995
stato di conservazione	buono		



caratteristiche tecniche

materiali	ghisa , ottone, pendolo in ferro, tamburo di legno
scappamento	ad ancora a rinculo
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale a cric
mantenimento di carica	peso supplementare
tipo di suoneria	ruota spartiore
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
75	80	55

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Ruota di scappamento da sistemare, quadrante di regolazione assente.

id 12

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore	Fratelli Solari		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1927	data di ingresso	1995
stato di conservazione	ottimo		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro, ottone, ghisa tamburo in legno
scappamento	ad ancora a rinculo
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	peso supplementare
tipo di suoneria	sistema a rastrelliera
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
75	80	55

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

id 17

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore		Fratelli Solari	
proprietario		Com. Prato Carnico	
luogo di produzione		Pesariis	
localizzazione attuale		Museo Orologeria	
data di creazione	1950	data di ingresso	1998
stato di conservazione		buono	



caratteristiche tecniche

materiali	ferro, ottone
scappamento	ad ancora a rinculo
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	motorino per ricarica automatica
mantenimento di carica	peso supplementare
tipo di suoneria	sistema a rastrelliera
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lung.	largh.	prof.
50	110	50

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Doppio treno del battere.
Motorino elettrico riavvolgicavo.

id 11

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore	Fratelli Solari		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Pesariis		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1950	data di ingresso	1995
stato di conservazione	ottimo		



caratteristiche tecniche

materiali	ghisa, ferro, ottone
scappamento	ad ancoradi Graham
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	motorino per ricarica automatica
mantenimento di carica	differenziale
tipo di suoneria	sistema a rastrelliera
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
49	65	33

precisione (min)

errore	-2
intervallo d'errore	1,5

id 19

tipologia orologio da torre

elementi descrittivi

costruttore		Fratelli Solari	
proprietario		Com. Prato Carnico	
luogo di produzione		Pesariis	
localizzazione attuale		Museo Orologeria	
data di creazione	1900	data di ingresso	2005
stato di conservazione		buono	



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto ,ottone
scappamento	ad ancora a rinculo
tipo di carica	a peso
meccanismo di carica	manuale
mantenimento di carica	differenziale
tipo di suoneria	ruota spartifore
configurazione del quadrante	12h, ore e minuti

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
50	100	40

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Gli strumenti

Origini e analisi descrittiva

"Le mani, gli utensili, gli strumenti, le macchine, sono tutti mezzi diversi che gli Orologiai utilizzano nelle loro opere. Le mani cominciano, gli utensili aiutano, gli strumenti perfezionano e le macchine riducono i tempi.

L'Orologeria fa uso di tutti i metalli. La prima operazione consiste nel forgiarli, affinché induriscano: quello che gli Orologiai intendono per incrudire.[...] per eseguire bene questa operazione, bisogna che la forza dei colpi sia tanto più potente quanto la materia è più molle e soggetta ad estendersi, e bisogna dare i colpi di martello sul pezzo, dal centro verso la circonferenza, diminuendo gradualmente la forza di questi ultimi. [...] Quando si fa forgiare o incrudire ogni sorta di materiale, bisogna prendere un pezzo lavorato al martello per limarlo e dargli la forma di cui si ha bisogno [...] Per maneggiare in modo corretto la lima e avere una buona mano (in corsivo nel testo) si intende avere il tatto e la grazia di produrre tali movimenti con agilità, sulle grandi come sulle piccole superfici.

All'uso della lima segue quello del tornio. [...] Il garbo della mano che richiede una tornitura corretta consiste nel saper maneggiare con destrezza lo scalpello, formando l'angolo indicato, nel premere nella giusta misura, quando si comincia a tagliare; l'esperienza, comunque, conta più di quanto sarà detto in queste righe.

Infine, una volta che si è appreso a forgiare, limare e tornire ogni sorta di materia, si può iniziare a lavorare un pezzo di orologeria."

La splendida descrizione contenuta nel volume dedicato all'Orologeria dell'Encyclopédie di Diderot e D'Alembert - della quale qui si sono voluti riportare alcuni frammenti - illustra il metodo di lavorazione dei pezzi che compongono gli orologi meccanici. Al tempo in cui l'orologiaio svizzero Ferdinand Berthoud (1765) ne descrive gli stadi di costruzione, essi costituiscono strumenti di "tecnologia avanzata", necessari in tutte quelle scienze che, nel Secolo dei Lumi, stanno trovando rapidissimo sviluppo. Oggetto principale dell'Orologeria è difatti il "dividere e suddividere il tempo in piccolissime parti uguali fra loro e misurarle", cosa la cui utilità "si manifesta in tutte le scienze o arti che hanno per oggetto il movimento", come l'astronomia, le scienze nautiche, la meccanica.

L'orologiaio deve innanzitutto essere un fabbro

esperto e di mano sensibile poiché tutti i pezzi devono essere realizzati a mano e a regola d'arte in modo da rendere minima l'imprecisione del meccanismo: incudine, martello, lima e tornio manuale sono quindi i primi strumenti utilizzati dagli orologiai.

Soltanto nel XIX secolo vengono introdotte macchine che possono facilitarne il lavoro e migliorare la qualità dei pezzi prodotti: le frese e i torni mossi dall'energia cinetica dell'acqua, le dentatrici per gli ingranaggi. Nel Museo pesarino, accanto agli orologi, sono conservati anche alcuni di queste attrezzature che consentirono il progresso verso la realizzazione di meccanismi sempre più sofisticati.

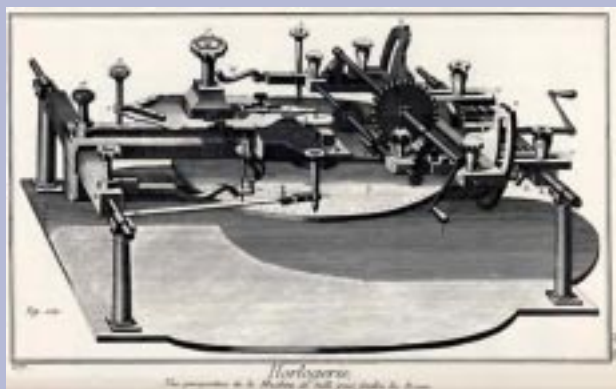
Il primo è una dentatrice di provenienza francese del XIX secolo. Il suo funzionamento è semplice eppure rivoluziona la lavorazione delle ruote che cominciano in questo periodo ad essere di ottone fuso in stampi. Data però la complessità

delle ruote e la precisione necessaria per ottenere il minor attrito possibile, l'orologiaio non può né fondere i denti assieme alle ruote né tanto meno fabbricarle a mano. Dal 1700 in poi viene quindi introdotto un nuovo strumento, la dentatrice. Questo utensile, particolarmente sofisticato per quei tempi e che può essere definito come un precursore delle odierne macchine a controllo numerico, è costituito da una ruota forata in cui ogni cerchio di fori definisce la distanza, la larghezza e il numero dei denti che poi tramite una fresa va a incidere nella ruota d'ottone. Con l'avvento dell'elettricità, la dentatrice, inizialmente azionata a mano, può venire dotata, di un piccolo motore per velocizzare il processo produttivo, come è stato fatto con quella presente nel museo.

Acquisizione più recente è un trapano azionato a mano, risalente anch'esso al 1700, utilizzato per forare il metallo arrotondare i denti delle ruote.

Orologi calcolatori, schede perforate e rivoluzione industriale

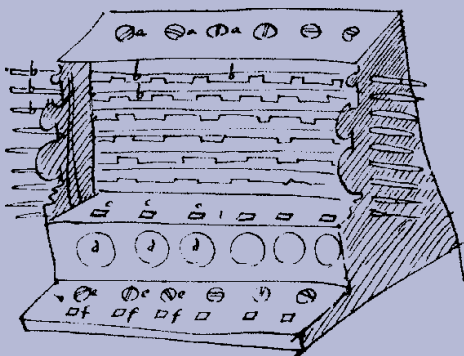
I secoli XVII e XVIII rappresentano un periodo di grande interesse verso le scienze della natura, in special modo verso la fisica, la matematica e l'astronomia. Ciò amplifica, in modo non prevedibile fino a qualche decennio prima, la necessità di strumenti di calcolo che consentano di alleviare il lavoro meccanico e ripetitivo della loro esecuzione. Un professore dell'Università di Tübingen, Wilhelm Schickard, realizza il cosiddetto "orologio da calcolo", purtroppo distrutto in un incendio; a questo primo tentativo seguono quelli più fortunati di Pascal e Leibniz. Come nella meccanica degli orologi dell'epoca, le ruote dentate sono il segreto del funzionamento di questi congegni che, collegati ad un indice simile a contachilometri, sono in grado di eseguire operazioni aritmetiche. Agli



inizi dell'800 risalgono anche i primi carillon o scatole musicali in cui un rullo con aghi che possono attivare l'esecuzione di una nota.

Tutte queste invenzioni, di stampo piuttosto teorico, incrementano però anche la ricerca di soluzioni ai problemi pratici che pongono gli artigiani, portando pian piano ad invenzioni meccaniche che forniranno le basi per quella che sarà poi chiamata "Rivoluzione Industriale".

Nel 1793 Jacquard, tessitore francese, idea una macchina per la tessitura che consente la selezione automatica dei fili mediante un programma iscritto su cartoni perforati che corrispondono al modello da riprodurre: la presenza o la mancanza di fori in ciascuna scheda determina il sollevamento o l'abbassamento di ciascun filo. Il "meccanismo Jacquard", primo esempio di inserimento automatico di istruzioni nella produzione industriale, costituisce fra l'altro una pietra miliare nell'evoluzione del computer perché tale sistema verrà ripreso più avanti come linguaggio di comunicazione tra utente ed elaboratore.



A destra, in alto: macchina dentatrice dell'Ottocento.

Sopra: disegno di Schickard per il suo orologio calcolatore (1624).

id 20

tipologia strumento: i trapano

elementi descrittivi

costruttore	ignoto		
proprietario	Com.Prato Carnico		
luogo di produzione	Cludinico (Ovaro)		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1700	data di ingresso	1995
stato di conservazione	discreto		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto
scappamento	= =
tipo di carica	= =
meccanismo di carica	= =
mantenimento di carica	= =
tipo di suoneria	= =
configurazione del quadrante	= =

dimensioni (cm)

lung.	largh.	prof.
100	50	80

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Dono dell'oste Luigi di Cludinico.

id 21

tipologia strumenti: dentatrice

elementi descrittivi

costruttore	ignoto		
proprietario	Com. Prato Carnico		
luogo di produzione	Francia		
localizzazione attuale	Museo Orologeria		
data di creazione	1800	data di ingresso	1995
stato di conservazione	buono		



caratteristiche tecniche

materiali	ferro battuto
scappamento	= =
tipo di carica	= =
meccanismo di carica	= =
mantenimento di carica	= =
tipo di suoneria	= =
configurazione del quadrante	= =

dimensioni (cm)

lungh.	largh.	prof.
100	90	115

precisione (min)

errore	n. d.
intervallo d'errore	n. d.

Provenienza francese, utilizzata nella fabbrica Solari dal 1800 fino alla metà del secolo scorso.

■ il concetto di tempo
nel pensiero filosofico





Sopra: il mito di Crono nella rappresentazione grottesca di Goya.

Nella pagina accanto:
le due contrapposte concezioni del tempo nella storia dell'uomo

"Il tempo è la sostanza di cui sono fatto. E' un fiume che mi trascina, ma io sono il fiume; è la tigre che mi sbrana, ma io sono la tigre; è il fuoco che mi consuma, ma io sono il fuoco."

Jorge Luis Borges

Le arti e le scienze, dalla musica alla neurobiologia, dalla psicopedagogia alla filosofia, utilizzano tutte il concetto di tempo. Grandi scrittori hanno immaginato viaggi nel tempo ed il termine tempo entra nelle frasi di tutti i giorni: non ho tempo, quanto tempo è passato, il tempo vola, chi ha tempo non aspetti tempo, una corsa contro il tempo e così via. Ma cosa s'intende con questo termine? In ogni caso sempre la medesima cosa, qualunque essa sia?

La discussione filosofica sul problema del tempo è da sempre dominata da una dicotomia a tutt'oggi irrisolta: da un lato infatti, esisterebbe il tempo della scienza, una cosa realmente esistente, suddivisibile in istanti tutti uguali, lineare, reversibile; dall'altro, invece il tempo dell'esperienza, ossia un fatto soggettivo, mutevole secondo molteplici dimensioni come, ad esempio, intensità e durata, purtroppo irreversibile (quante volte vorremmo poter ritornare

indietro nel tempo per modificare certe nostre scelte!).

Naturalmente, trattando di orologi ossia di strumenti di misura del tempo, si deve considerare il tempo come una quantità misurabile, ma tenendo ben presente che la cosa non è poi così ovvia.

Questa sezione vuole quindi essere una panoramica, di necessità veloce, di quelle che, nel corso dei secoli, sono state le posizioni dei principali filosofi.

L'età antica

Bisogna innanzitutto premettere che la concezione del tempo non è sempre stata quella lineare, legata al pensiero ebraico e cristiano, nella quale esso ha un inizio - che coincide con il momento della creazione del mondo - ed una fine - il giorno del Giudizio Universale. Secondo la tradizione greca prima e romana poi, infatti, il tempo è al contrario rappresentabile con l'immagine di una ruota o di un cerchio. Il

tempo ciclico pagano è detto anche cosmico in quanto è il moto degli astri a regolarne il corso.

Eracito è passato alla storia come il filosofo del divenire, sostenendo una teoria del mondo come flusso perenne nel quale, come in un fiume le cui acque non sono mai le stesse, tutto scorre ed è dinamico, quindi ogni cosa, anche ciò che sembra statico è soggetto a cambiamenti. Il principio primo è il fuoco, un fuoco eternamente vivente "che secondo misura si accende, e secondo misura si spegne". Secondo il filosofo questo processo eterno avviene attraverso due cicli cosmici, uno piccolo e uno grande: un cielo all'in giù, di degradazione e un cielo all'insù, un cammino a ritroso, di risalita dalle forme della materia alla forma originaria.

"Negli stessi fiumi scendiamo e non scendiamo, siamo e non siamo": l'uomo, come il fiume, mantiene la propria identità, ma nello stesso tempo è sempre diverso come muta l'acqua nel suo scorrere. Questa frase influenzerà pesantemente il pensiero successivo e soprattutto per quello di Cratilo, discepolo di Eracito, che estremizzerà la posizione del suo maestro arrivando a sostenere l'impossibilità di dare un nome alle cose in quanto cambiano continuamente e quindi sono sempre diverse da stesse (va bene, ma questo riguarda il problema dell'essere non del tempo!)

Con Parmenide il tempo inizia ad assumere un senso problematico che lo caratterizzerà come questione filosofica poiché il filosofo lo contrappone all'immutabilità e all'eternità dell'essere, schierandosi espressamente contro le ideologie di Eracito. Egli infatti negando il movimento, nega anche il tempo sostenendo che l'essere è "sempre, ora, tutto insieme" e

"la dike non gli ha concesso né di nascere né di perire".

Il primo scritto in cui appare il dilemma del tempo è il "Timeo" di Platone in cui il filosofo definisce il tempo come "immagine mobile dell'eternità" che "procede secondo il numero" ed è gerarchicamente inferiore all'eternità stessa. Nell'insegnamento platonico il tempo infatti è la misura del movimento ma solo del mondo materiale in cui hanno senso i concetti di passato, presente e futuro rispetto all'eternità e all'immutabilità dell'Iperuranio, il mondo ultraterreno dove, secondo Platone, risiedevano le idee.

Immagine del tempo per Platone è il cielo che con i suoi astri fornisce la misura dell'avvenire temporale che è composto dall'"era" il "sarà" e l'"è".

Successivamente Aristotele definisce il tempo come "numero (cioè misura) del movimento rispetto al prima e al poi". Egli da una parte assegna un movimento circolare e quindi perfetto ai cieli e accetta come punto di riferimento oggettivo per la misura del tempo il principio dell'ordine cosmico pitagorico; dall'altra distinguendo il mondo, eterno poiché abbraccia l'intera misura del tempo, dal primo motore immobile che è fuori dal tempo, riprende lo schema gerarchico di Platone.

Sant'Agostino (nelle "Confessioni" e nel "De Civitate Rerum") esprime la connessione tra tempo e pensiero e la sua interiorizzazione e riduzione a "distensio animi": estensione dell'anima. Secondo il pensiero di Agostino il passato ed il futuro, che sono parte integrante della concezione comune del tempo, non esistono se non in quanto presente che è fluire, passaggio e, pertanto, non misurabile. Come si è detto, con il pensiero cristiano la concezione del tempo muta, abbandonando la ciclicità pagana per assumere una direzione lineare



progressiva. Il tempo è la condizione della storia mondana che dalla caduta di Adamo procede verso la redenzione e il ritorno a Dio per approdare all'eternità spirituale. Il pensiero cristiano quindi precisò meglio l'origine e la fine e il compimento del tempo.

La nuova scienza e il periodo moderno

Se nel corso del Medioevo il tempo è considerato come un accidente delle cose che viene percepito grazie all'intuizione, attorno al XVII secolo la visione



del mondo subisce un'enorme trasformazione grazie alla cosiddetta rivoluzione copernicana che, secondo il filosofo della scienza T. S. Kuhn, porta ad un vero e proprio cambio di paradigma, ovvero alla sostituzione radicale del quadro concettuale entro cui interpretare la realtà.

Il sogno di Galileo era quello di scoprire le leggi che regolano ciascun fenomeno che si verifica nella realtà quotidiana. Con la nascita del metodo scientifico si ha l'avvento della concezione riduzionista del mondo: esso viene considerato come una grande macchina che può venire scomposta in meccanismi più semplici di cui indagare i rapporti causa-effetto. Il tempo diventa quindi una grandezza fisica, una variabile introdotta all'interno di una formula matematica, una variabile oggettiva ed essenziale nella sperimentazione.

Cartesio afferma che la misura od ordine del tempo, è un nostro modo di pensare la durata: per misurare la durata delle cose, noi la confrontiamo con la durata dei moti regolari degli anni e dei giorni.

Locke sostiene che, gli uomini sono stati indotti a "confondere tempo e movimento, o almeno a ritenere che la loro connessione fosse necessaria", dal fatto che nel corso della loro storia hanno fatto uso, per la misura del tempo, dei movimenti del sole e degli astri, cioè di certi fenomeni osservabili che presentano un ordine costante e ripetibile.

Fu Isaac Newton a stabilire nei suoi "Principia Mathematica" la verità, l'assolutezza e la regolarità misurabile del tempo. Per i fisici, così come possiamo misurare lo spazio tramite il confronto con un metro campione, altrettanto possiamo misurare il tempo utilizzando un orologio.

Newton contrappone al tempo "relativo", o apparente, la nozione di un tempo "assoluto": il tempo, identico in

ogni punto dello spazio, non ha alcuna relazione con elementi esterni e scorre uniformemente, in modo indipendente dall'osservatore.

Più tardi, nel 1700, Kant arriva a postulare che lo spazio e il tempo siano categorie della mente definite a priori e non derivate dall'esperienza. La nostra percezione sui fenomeni naturali sarebbe quindi soggetta allo spazio ed al tempo in quanto modalità di funzionamento del cervello umano. Per gli evoluzionisti, sarebbe perciò una modalità che gli esseri umani hanno sviluppato per adattarsi all'ambiente.

La crisi del positivismo e la teoria della relatività

La visione riduzionista-meccanicista che pare costituire la soluzione definitiva del problema della realtà e quindi anche del tempo va in crisi già un secolo dopo con lo sviluppo delle scienze biologiche: infatti, la spiegazione in termini puramente meccanicistici non può essere sufficiente per l'indagine sul funzionamento degli esseri viventi e delle loro interazioni con l'ambiente.

Ma è all'interno della fisica stessa che il concetto di spazio e tempo assoluti adottato dagli scienziati di stampo positivista del 1600-1700 subisce il definitivo tracollo in quanto la concezione classica non è in grado di spiegare i fenomeni relativi alla termodinamica, alla relatività, alla meccanica quantistica.

La termodinamica, introducendo il concetto di entropia, affronta lo studio di eventi caratterizzati dall'irreversibilità dello stato finale, a differenza di ciò che sosteneva la meccanica classica.

Con la rivoluzione portata da Einstein, nella teoria della relatività ristretta e poi generale, il tempo diventa un qualcosa di relativo dal momento che varia a seconda che l'osservatore stia fermo o si muova, e della velocità

a cui si muove: il tempo di un osservatore in movimento rallenterebbe rispetto a quello di un osservatore che sta fermo.

Infine, il tempo "aperto" della meccanica quantistica implica previsioni probabilistiche (e non deterministiche) del comportamento delle particelle elementari ed ammette la possibilità che tale comportamento, in taluni casi, vada indietro rispetto l'asse temporale.

Anche in campo filosofico il riduzionismo subì un duro attacco dalle obiezioni di molti filosofi contemporanei, tra cui più importanti Husserl, Bergson e Heidegger.

Husserl (1859 - 1938), noto per essere il "padre" della fenomenologia, il tempo fenomenologico (soggettivo) non è il tempo obiettivo bensì il tempo dell'esperienza vissuta. Il fine perseguito da un'analisi fenomenologica dell'esperienza del tempo non è quello di inventare una concezione del tempo contrapposta a quella scientifico-positiva, ma tentare di fornire delle basi descrittive dell'esperienza a partire dalle quali una teoria del tempo diventa possibile. Husserl utilizza l'esempio del suono per tentare di chiarire al meglio la sua posizione:

Ora, io sento un suono all'inizio, ora io sento il suono iniziato che dura, ora il suono finisce, ed io ho coscienza di esso come di un suono che è terminato.

Ma l'esperienza del suono, nell'intera sua durata, non è scomponibile in un succedersi di istanti sonori disposti l'uno dopo l'altro, bensì è esperienza di una totalità che dura: si ha esperienza di questa totalità e di questa durata in un presente che permane costantemente presente. Il presente è reale, ma questa realtà è essa stessa un movimento, una progressiva modificazione. Ora io sento risuonare una nota, come un suono all'inizio. L'impressione

originaria del suono all'inizio permane, ma si modifica costantemente sino al punto in cui è impressione originaria di un suono alla fine.

Fondamentale, nel pensiero di Bergson (1859 - 1941), è la distinzione tra tempo spazializzato della fisica e tempo della durata, o tempo della vita. Infatti il tempo spazializzato è formato da momenti, uguali e distinti fra di loro, solo quantitativamente differenti, invertibili in quanto un esperimento può essere ripetuto un numero indefinito di volte; il tempo della durata è costituito invece da momenti qualitativamente distinti, ed interdipendenti. Per meglio spiegare questa distinzione Bergson utilizza l'immagine della collana di perle per il tempo della fisica, mentre il tempo della durata è simboleggiato dal gomitolo di filo o dalla valanga. La distinzione operata da Bergson fra tempo spazializzato e tempo della durata, ha un'influenza fondamentale anche in campo artistico: per il movimento futurista il problema diviene la rappresentazione della dinamica temporale, catturando la forma unitaria del corpo che si muove e dello spazio in cui si muove.

Heidegger (1889 - 1976), riprendendo ed enfatizzando le teorie einsteiniane, afferma che non esiste un tempo assoluto e nemmeno una contemporaneità di eventi, pur essendo invarianti le equazioni che ne descrivono i processi (nota: Einstein aveva chiamato la sua prima teorizzazione "teoria dell'invarianza", fu Max Planck a chiamarla "teoria della relatività"). Il tempo viene quindi strettamente legato ad un sistema di riferimento: l'orologio può misurare la durata di un evento in quanto svolgersi rispetto ad un "prima" ed un "poi"; ma l'"ora" (hic et nunc) è indipendente dagli orologi in quanto anche la coscienza dell'uomo ne fa esperienza.



Il tema del tempo nella pittura. Sopra: U. Boccioni, Dinamismo di un foot-baller (1913), New York, MOMA.

Pagina accanto. In alto: Salvador Dali, La Persistenza della Memoria, 1931, Collezione privata New York.

Al centro: Giacomo Balla, Dinamismo di un cane al guinzaglio (1912), New York, MOMA.

Nella pagina successiva: Claude Monet, Cattedrale di Rouen (tre dei trenta dipinti della serie). Grigio, pieno sole, blu e oro.



In anni più recenti, lo scienziato-filosofo Ilja Prigogine, premio Nobel per la chimica, nel suo Acceptance Speech all'Università di Pisa (1999), considerando i sistemi termodinamici ritiene che si debba introdurre l'irreversibilità nei fondamenti della fisica e che dall'irreversibilità scaturisca la probabilità. Secondo lo studioso russo esisterebbe una matematica del tempo caratterizzata da due semigruppì, uno che ha a che fare con l'evoluzione dal passato verso il futuro e l'altro con quella del futuro verso il passato. Mentre secondo il punto di vista classico la direzione del tempo non esisterebbe, giocando passato e futuro un ruolo simmetrico, nei sistemi dinamici la simmetria temporale è rotta. Questo non vuol dire che la meccanica classica o la meccanica quantistica siano sbagliate, ciò implica soltanto che la loro formulazione deve essere modificata per questa classe di sistemi.



- glossario
dei più utilizzati termini di orologeria



Glossario dei più utilizzati termini di orologeria

I termini che compaiono nel glossario sono stati selezionati in base alla loro pertinenza con la costruzione di orologi meccanici, in particolare quelli da parete e da torre, ossia con la produzione tradizionale pesarina. In taluni casi, si è riportata anche la voce in lingua friulana (nell'accezione pesarina) in corsivo sotto quella italiana.



Acciaio inossidabile, aciâr, Lega realizzata con ferro, cromo e nichel. Il prodotto ottenuto ha caratteristiche di inalterabilità e viene utilizzato per realizzare casse e bracciali di orologi.

Affidabilità, Capacità di un determinato meccanismo di svolgere in maniera ottimale le operazioni per le quali è stato progettato, nell'arco di un periodo definito.

Albero, àrbul, Struttura cilindrica girevole, realizzata generalmente in acciaio, che si inserisce perpendicolarmente al centro di ruote e pignoni. Può essere utilizzato, più comunemente, il termine asse (es.: asse del bilanciere).

Alternanza, Termine che indica lo spostamento di un pendolo, o di un altro corpo oscillante, da un'estremità all'altra della sua possibile corsa (detta anche ampiezza totale).

Ampiezza (d'arco), Misura dell'angolo massimo descritto dalla traiettoria di un pendolo o di un bilanciere rispetto al suo punto morto.

Analogico, Termine che nel nostro caso indica l'impostazione classica della lettura dell'ora tramite lancette inserite al centro del quadrante.

Ancora, Struttura fondamentale del movimento meccanico dell'orologio, di forma simile ad un'ancora marina, ha due leve che si inseriscono nei denti della ruota di scappamento. E' realizzata generalmente in ottone o in acciaio.

Asse del bilanciere, Asse che sostiene il volantino del bilanciere e ne permette l'oscillazione.

Astrario, Strumento costruito da Giovanni de Dondi atto a fornire, fra altre cose, indicazioni sulla posizione dei cinque pianeti al suo tempo conosciuti, sulla luna e sul Primo Mobile.

Automa, Figura prevalentemente umana mossa dagli ingranaggi di un orologio e spesso utilizzata per battere le ore su una campana.

Barra, Elemento realizzato in metallo, in genere una struttura tipo ponte semplificato, in cui si impernano gli alberi degli ingranaggi.

Battuta, bàti, Rumore tipico emesso dal moto alterno dello scappamento (detto anche battito), generato dall'impatto fra un dente della ruota dello scappamento e la paletta dell'ancora.

Boccola, bòcul, Anello al cui interno ruota un albero o un asse. La sua funzione è quella di offrire una guida alla rotazione, diminuendo gli attriti. Può essere di ottone o di berillio (di norma si usano rubini sintetici).

Calendario, Funzione accessoria (complicazione) che permette la visualizzazione della data. Tale indicazione può avvenire tramite un disco appositamente numerato che ruota apparendo sul quadrante attraverso una finestrella. Oppure può essere indicata in un apposito qua-



drantino da una sfera o lancetta.

Calendario giuliano e gregoriano. Il calendario giuliano fu introdotto da Giulio Cesare. In seguito il Papa Gregorio XIII nel 1582 ne introdusse la riforma e fu così detto gregoniano. E' ancora in vigore in Europa e in gran parte del mondo.

Calendario perpetuo. Funzione caratteristica di indicazione della data completa che comprende il giorno del mese, il giorno della settimana, il mese e l'anno bisestile. E' un calendario predisposto a mantenersi costantemente aggiornato. Rappresenta una delle complicazioni molto apprezzate.

Calibro. Tale termine indica le dimensioni del movimento espresse in linee. Rappresenta un importante elemento per contraddistinguere un movimento da un altro.

Canapa, *cjanaipa*. Fibra naturale impiegata nella realizzazione delle corde di sostegno del peso (carnico: cuarda dal pes).

Carrillon. Tipico meccanismo che in maniera automatica, a determinate scadenze, o per attivazione manuale fa risuonare un motivo musicale a mezzo di sottili lamine che vibrano.

Chiave, *clâf*. Strumento di carica dell'orologeria antica. Attualmente le chiavi vengono utilizzate per le sveglie cappuccine e per gli orologi meccanici da parete e da tavolo.

Clessidra. Misuratore che indica il trascorrere del tempo con il passaggio in un foro di sabbia o acqua.

Colonna, *travièrs*. Distanziatore delle platine.

Compasso. Strumento per verificare il corretto ingranamento fra due ruote dentate: viene utilizzato per determinare l'esatta posizione dove praticare i fori dei pivots su una platina.

Compensazione. Termine con il quale si indica la capacità di correggere gli effetti di accelerazione o decelerazione esercitata sui materiali strutturali dei movimenti (es. bilanciere compensato per la temperatura).

Complicazioni. Termine classico con cui vengono definiti i meccanismi e i movimenti predisposti alla realizzazione di funzioni diverse dalla semplice indicazione dell'ora.

Corona di carica. Parte esterna con cui termina l'albero di carica. E' l'organo predisposto per la ricarica (per gli orologi a carica manuale) e la regolazione manuale dell'ora e della data.

Cricchetto, *cric*. Piccola leva munita di una punta che penetra nella dentatura di una ruota sotto la spinta di una molla.

Dente, *dint*. Sporgenza collocata sul disco di una ruota.

Digitale. Indicazione dell'ora, minuti e secondi, visualizzate sul quadrante mediante l'utilizzo di numeri che si modificano con il passare del tempo (senza lancette).

Elasticità. Proprietà dei materiali di riprendere la forma originale quando viene a cessare l'azione che ne ha provocato la deformazione. Tale proprietà viene sfruttata, ad esempio, per la molla motrice utilizzata quale fonte di energia negli orologi meccanici.

Equazione del tempo. Differenza tra il tempo vero ed il tempo medio.

Errore barometrico. quello generato dalla variazione della densità dell'aria dell'ambiente in cui si muove un bilanciere o un pendolo.

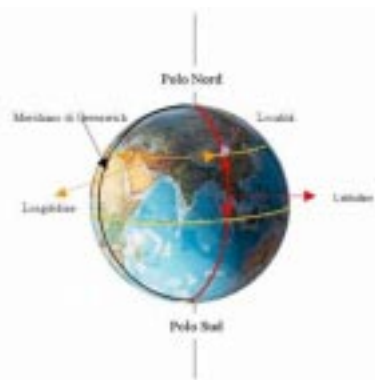
Farfalla, *curisîn*. Ultimo elemento del treno della suoneria che ha il compito di regolare la velocità di rotazione delle sue ruote.

Fasi della luna. Complicazione che indica, in una determinata posizione del quadrante, la forma del disco lunare in un determinato momento dell'anno.



In alto: carillon della Chiesa di San Nicola a Utrecht, in Olanda, (XVII sec.).

Nella pagina precedente, in alto: Astrario del Dondi. Sotto: orologio pesarino con automa.



In alto: orologio a lanterna di produzione francese.
Sopra: latitudine e longitudine.

Foliot, Barra orizzontale che porta a ciascuna estremità dei pesi e che controlla la ruota dello scappamento

Forchetta, Parte terminale della struttura dell'ancora così denominata per la sua forma particolare.

Foresta Nera, Nome dato agli orologi fabbricati in Germania nella Foresta Nera.

Frequenza, Il numero di cicli al secondo di una oscillazione.

Fresatrice, Contrariamente al tornio dove il pezzo che deve essere lavorato ruota, nella fresatrice a ruotare è l'utensile mentre il pezzo che deve essere lavorato resta fermo.

Giorno siderale, Durata del tempo trascorso fra due successivi passaggi di un meridiano di fronte ad una stella. Dura circa 3 minuti e 56 secondi in meno rispetto ad un giorno medio.

In battuta, Si dice di uno scappamento in cui la battuta occorre in intervalli regolari ed eguali.

Indice, Elemento collocato sul quadrante indicante una determinata ora o una funzione; lancetta.

Ingranaggio, Sistema di trasmissione del moto costituito da ruote dentate e pignoni.

Invar (o elinvar), Leghe di acciaio e nichel predisposte per ottenere materiali con coefficiente di dilatazione termico nullo.

Lancette, spèras, Sono le piccole aste metalliche ruotanti che indicano le funzioni presenti sul quadrante dell'orologio. Definite anche sfere.

Lanterna, Svolge la stessa funzione del pignone ma, al posto dei denti ha dei piolini cilindrici fissati su due piastrine cilindriche. Svolge egregiamente la sua funzione se condotta, ma non è adatta quale conduttore

Lanterna, Altro nome dell'orologio domestico da parete, dovuto alla sua forma caratteristica.

Lente, lènt, La massa principale di un pendolo posizionata alla sua estremità inferiore.

Leva dell'ancora, Piccolo prisma realizzato con materiali assai duri (di solito il rubino sintetico), inserito in ambedue i bracci di leva dell'ancora. I piani terminali delle leve sono opportunamente angolati per inserirsi nei denti della ruota di scappamento bloccandola e liberandola alternativamente, esercitando il minor attrito possibile.

Linea, Unità di misura utilizzata in orologeria e corrispondente a circa 2,256 mm. La linea è utilizzata come unità campione per caratterizzare le dimensioni dei movimenti.

Longitudine, Differenza espressa in gradi d'angolo, calcolato all'equatore, tra un meridiano e il meridiano di riferimento Greenwich.

Isocronismo, Qualità del bilanciante di effettuare le sue oscillazioni sempre nel medesimo tempo.

Lubrificazione, Intervento realizzato con appositi oli lubrificanti utilizzati in dosaggio atto a diminuire l'attrito tra i perni degli assi e le sedi all'interno delle quali gli stessi ruotano e tra gli ingranaggi e i ruotismi in genere.

Lumaca, lacai, Il componente dell'orologio che con la sua particolare sagoma consente il corretto numero di battute della campana per ciascuna ora. Detto anche chiocciola.

Lunazione, Spazio di tempo che intercorre tra due noviluni successivi. Viene evidenziata in orologi provvisti di fasi lunari. Il mese lunare è di 29 giorni 12 ore e 44 minuti.

Mantenimento di carica, Una forza motrice supplementare che agisce durante la carica della molla o dei pesi quando entrambi, in questa fase, sono inefficaci a svolgere la loro funzione. Indispensabile nei regolatori e negli orologi di precisione dove

la forza motrice non deve assolutamente mai mancare.

Marcia, Indicazione della qualità del moto dell'orologio.

Meccanismo, Insieme degli organi aventi la funzione di produrre il movimento nell'orologio. Un meccanismo comprende le diverse ruote e i diversi ingranaggi con funzioni ben determinate.

Meridiana, Orologio solare costruito per essere utilizzato sul meridiano.

Messa all'ora, Intervento effettuato sull'orologio estraendo la corona e correggendo la posizione delle lancette. Anticamente per tale manovra si utilizzava un'apposita chiave.

Minuteria, Insieme dei ruotismi posti sotto il quadrante che aziona le lancette, suddividendo il loro periodo di rotazione al fine di consentire la corretta lettura del tempo. *Es.: la lancetta delle ore deve compiere due giri completi del quadrante in 24 ore.*

Modulo, Rapporto tra il diametro primitivo ed il numero di denti tagliati nella ruota. Anche, l'utensile con il quale vengono tagliati i denti delle ruote dentate.

Mostra, Vecchio nome dato al quadrante di un orologio.

Movimento, Complesso degli organi e dei meccanismi che caratterizzano il motore di un orologio. Il termine è utilizzato per indicare i vari tipi di movimento: meccanico, elettronico, ecc.

Notturnale, Orologio disegnato per funzionare in una camera da letto e non disturbare, mediante alcuni accorgimenti, il sonno del suo proprietario.

Orologio astronomico, Orologio che indica anche il movimento degli astri, oppure uno con il quadrante diviso in 24 ore.

Orologio da torre, Grossi orologi collocati in torri o campanili con i quadranti atti a servire la popolazione circostante.

Orologio solare, Misuratore del tempo che consente di stabile il

tempo vero. In quelli più complessi sono previste delle correzioni per risalire al tempo medio.

Pendolo, *pèndul*, E' un organo regolatore utilizzato per la misurazione del tempo, costituito da una asta sospesa nella sua estremità superiore e libera di oscillare. All'estremità inferiore è fissato un peso.

Pendolo composto, Pendolo che ha il centro di oscillazione lungo la sua asta e provvisto di una lente anche nella parte superiore.

Pendolo conico, Pendolo la cui lente descrive un percorso circolare. L'orologio di cui ne è provvisto non ha una ruota dello scappamento, ma l'ultima ruota del treno ha una protuberanza che si appoggia al pendolo. Per consentire la rotazione del pendolo la sospensione è fatta con un sistema di doppia molla l'una perpendicolare all'altra.

Perno, *tolp*, Struttura cilindrica o conica terminale di un asse e normalmente ruotante in apposita sede.

Piastra divisoria, Una piastra di ottone o di acciaio con tanti cerchi concentrici ognuno dei quali aventi un numero diverso di fori. Viene utilizzata anche per tagliare i denti di una ruota dentata.

Pignone, Elemento dentato di forma cilindrica, di dimensioni ridotte, ingranante con una ruota dentata parallela al fine di adottare opportuna riduzione di rapporto di trasmissione del moto.

Pinza, Utensile impiegato per bloccare su un tornio, o su altra macchina utensile, il pezzo che deve essere lavorato o un utensile tagliatore. E' fondamentale che la pinza usata sia del corretto diametro o misura del pezzo che deve essere bloccato onde evitare di compromettere la sua precisione.

Planetario, Rappresentazione tridimensionale della volta celeste con le posizioni relative ai pianeti in relazione ai loro moti.



Sopra: famosissimo orologio del Municipio nella Piazza Vecchia di Praga

Platina, Base anteriore e posteriore su cui si inseriscono tutti i ruotismi. Costituisce la struttura portante dell'orologio.

Ponte, point, Supporto metallico avente differenti forme su cui sono predisposti i fori all'interno dei quali vengono inseriti i perni dei ruotismi mobili dell'orologio.

Preparazione, Parziale sbloccamento del treno della suoneria prima di quello definitivo allo scoccare dell'istante previsto (ore, mezze ore o quarti).

Quadrante, Parte più in vista di ogni orologio, sicuramente quella che colpisce di più e a volte determina la sua scelta. Contiene la suddivisione degli spazi in ore e minuti, nonché altre funzioni a seconda del tipo e della complicazione intrinseca dell'orologio. Su di esso le lancette si spostano visualizzando le indicazioni contenute. La voce *pesarina smaltin* indica il piccolo quadrante interno degli orologi da torre. I quadranti degli orologi domestici, invece, erano in metallo, ornati da incisioni o dipinti con scene campestri, motivi floreali o faunistici del luogo e riportanti al centro la rosa dei venti.

Regolatore, Orologi di precisione presenti nei laboratori degli orologiai di una volta che facevano riferimento ad essi per controllare gli orologi che riparavano. Usualmente orologi con scappamento Graham, il pendolo compensato da 1 secondo senza complicazioni di sorta per evitare che il funzionamento venga disturbato.

Ricottura, Operazione con la quale si toglie la fragilità ad un acciaio che è stato temperato.

Ripetizione, Complicazione che ha la particolare funzione di indicare acusticamente (suonando) le ore, i minuti o i quarti.

E' una complicazione che rende l'orologio meccanico particolarmente pregiato. Può essere automatica o a richiesta.

Ruota, ruvèda o ruèda, Elemento circolare dentato, costruito solitamente in ottone, che si muove attorno al proprio asse d'acciaio. Le ruote che costituiscono la parte fondamentale del movimento meccanico, formano il cosiddetto treno del tempo. Esse sono così denominate: *ruota intermedia (ruvèda seconda)*: ingrana con la ruota dei minuti e trasmette il movimento alla ruota dei secondi; *ruota dei secondi*: compie un giro completo ogni minuto nei movimenti provvisti di lancetta dei secondi ruotando su apposito quadrante e trasmette il moto alla ruota di scappamento; *ruota intermedia dei secondi*: trasmette il movimento al pignone dei secondi in centro, per visualizzare il movimento relativo ai secondi stessi con apposita lancetta sistemata coassialmente all'asse delle ore e dei minuti (secondi centrali); *ruota di scappamento (ruvèda serpentina)*: è una ruota con apposita e particolare dentatura in cui si inseriscono le leve dell'ancora (scappamento ad ancora) che la fermano e rilasciano ciclicamente. E' la parte attiva degli ingranaggi dello scappamento in quanto trasmette un impulso periodico al bilanciere. Il suo pignone è mosso dal la ruota dei secondi.

Ruota partitoria, compartìoras, La ruota che controlla il numero dei colpi del batacchio sulla campana.

Scappamento, Costituito dall'insieme del bilanciere spirale, ancora e ruota di scappamento, è il cuore dell'orologio e ne caratterizza la sua qualità e la sua precisione.

Scappamento a caviglie, Tutte le caviglie (piolini) sono montate sulla periferia esterna di una faccia della ruota di scappamento. L'azione dell'ancora interessa due caviglie immediatamente conseguenti.

Scappamento a riposo, Usato per la prima volta da Graham, ha come caratteristica principale



Sopra: Tipico quadrante di orologio *pesarino*

l'assenza del rinculo che invece è presente nello scappamento ad ancora. L'assenza del rinculo è dovuta alla forma della palette che nella faccia di arresto è sagomata secondo un arco di circonferenza con centro i pivots dell'asse dell'ancora.

Scappamento a verga, Forse il più antico degli scappamenti. Sulla verga sono fissate due palette che sono a contatto, una alla volta, con i denti alle estremità di un diametro della ruota dello scappamento che ha un numero dispari di denti.

Scappamento ad ancora, Inventato verso il 1670. E' uno scappamento semplice, affidabile e robusto molto usato negli orologi commerciali.

Scarto, Differenza di solito espressa in secondi tra l'ora indicata dall'orologio e l'ora esatta di riferimento.

Scheletrato, Orologio nel quale le platine sono ritagliate, il più delle volte in modo artistico, onde consentire il massimo accesso visivo al ruotismo.

Sestante, Strumento nautico per misurare l'altezza del sole sull'orizzonte.

Sopracompensazione, Eccesso di compensazione fatto nel tentativo di correggere qualche errore del corpo oscillante di un orologio.

Sospensione, Organo di collegamento fra la parte fissa dove il pendolo è appeso e l'estremità superiore della sua asta.

Sottocompensazione, Difetto di compensazione fatto nel tentativo di correggere qualche errore del corpo oscillante di un orologio.

Sveglia (o svegliarino), Meccanismo atto a produrre autonomamente un suono.

Tempo medio, La cui unità, il giorno, rappresenta il valore medio delle rotazioni della terra attorno al sole ed assunto in 24 ore.

Tempo solare o tempo vero, Intervallo di tempo, non sempre

eguale a se stesso, fra due passaggi consecutivi del sole sul meridiano.

Tornio, Macchina utensile regina di ogni laboratorio. Serve a fornire un moto rotatorio ad un pezzo che deve essere lavorato e che prende forma sotto l'azione di un utensile.

Treno, Indicazione generica con cui si contraddistingue una successione di ruote dentate e pignoni (tipicamente treno del tempo).

Volano, *svintola*, Dispositivo realizzato al fine di moderare un moto per renderlo maggiormente uniforme nel tempo.

Zenit, Tale termine indica il punto in cui la verticale ideale innalzata in una determinata zona, incontra un corpo celeste.

Zodiaco, In astrologia, l'anello nel cielo lungo il quale il sole percorre il suo cammino apparente. Esso è diviso in 12 parti ciascuna delle quali prende i nomi dello zodiaco: ariete, toro, sagittario ecc.



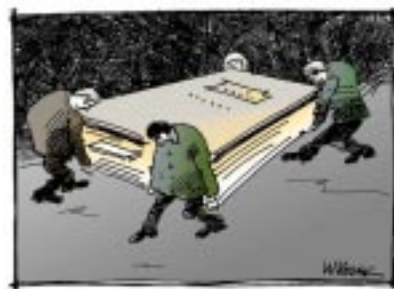
Sestante



*In alto: sestante.
A fianco: Cristo e lo Zodiaco in un
manoscritto del XII secolo.*

bibliografia

- AA.VV., *"Cultura materiale in Carnia. Fonti, ideologia, realtà"*, Coordinamento circoli culturali della Carnia, 1993.
- Abbagnano N., Fornero G., *"Protagonisti e testi della Filosofia"*, vol. A, tomo 1, Paravia, 2000.
- Amaldi U., *"Temì e Immagini della Fisica. Le idee e gli esperimenti dal pendolo al quark."*, Zanichelli, 1996.
- Antonelli U., *"La Carnia di Antonelli: tra ideologia e realtà"*, Centro Editoriale Friulano, stampa 1980.
- Arborio Mella F., *"La misura del tempo nel tempo. Dall'obelisco al cesio."*, Hoepli, 1990.
- Battigelli V., Dario M., Mattiussi N., *"Val Pesarina: architettura e paesaggio"*, Campanotto Editore, 1986.
- Bergamini G. (a cura di), *"Pesariùs, album ritrovato"*, stampa a cura del Comune di Prato Carnico, 1994.
- Cammarata M., *"I Fratelli Solari"* in *"Orologi"*, lug/ago 1991.
- Diderot, D'Alembert, *"Encyclopédie. Raccolta di tavole sulle scienze, le arti liberali e le arti meccaniche con relative spiegazioni - Orologeria"*, rist. Grafiche Torriani, feb. 2002.
- Fornasir A., *"Ambulanti, Artigiani e Mercanti. L'emigrazione dalla Carnia in età moderna"*, CIERRE Edizioni, 1993.
- Francescato G., *"Il linguaggio tecnico degli orologiai di Pesariùs"* in Ciceri A. e Rizzolati P., *"Vita tradizionale in Val Pesarina"*, parte II, stampa a cura del Comune di Prato Carnico, 1991.
- Garuffa E., *"Orologeria moderna"*, Hoepli, 1931.
- Levine R., *"Una geografia del tempo. Le disavventure temporali di uno psicologo sociale, ovvero come ogni cultura calcola il tempo con qualche piccola diversità"*, Giovanni Fioriti Editore, 1998.
- Pratt V., *"Macchine pensanti. L'evoluzione dell'intelligenza artificiale"*, Il Mulino, 1990.
- Puntin Gognan E., *"L'Orologio"* in Ciceri A. e Rizzolati P. *"Vita tradizionale in Val Pesarina"*, parte II, stampa a cura del Comune di Prato Carnico, 1991.
- Reale G., Antiseri D., *"Il pensiero occidentale dalle origini ad oggi. Dal Romanticismo ai giorni nostri"*, vol. 3, La Scuola, 1983.
- Rupil G., Solari A., *"Gli Orologi della Valle del Tempo. Museo dell'Orologeria Pesarina"*, stampa a cura del Comune di Prato Carnico, 2001.
- Sidar L., *"Storia dei Beni di Pesariùs"*, stab. Tip. E. Gaspari,
- Solari F., *"Un carnico che fa il giro del mondo senza muoversi. In breve: un ambiente, una tradizione, un inventore, un'azienda"* in Tosoni M. (a cura di) *"Fermo Solari: dirigente della resistenza, uomo politico, industriale friulano"*, In Uaite, 1988.
- Torassa D., *"L'orologio meccanico"*, tesina per la 5° meccanica I.T.I. Malignani, Udine, 2004.
- Vicario G.B., *"Il Tempo. Saggio di psicologia sperimentale"*, Il Mulino, 2005.



Fonti reperite su Internet. In taluni casi non si conosce l'autore.

"Piccolo dizionario tecnico di orologeria",
www.oroologimeccanici.com.

"Glossario", www.clockmaker.it.

Prigogine I., "La freccia del Tempo", Acceptance speech all'Università di Pisa, <http://www.icra.it/Publications/Books>.

Rindone E., "Il problema del tempo e della storia nella filosofia medioevale", <http://www.ilgiardinodeipensieri.com>.

Severino E., "Il tempo della filosofia", <http://emfs.rai.it>.

Badalucco G., "Le piramidi di Giza come misuratore precessionale delle epoche", www.edicolaweb.net.

"Stonehenge e le eclissi", <http://www.pd.astro.it>.

"Agorà - Storia evolutiva del computer", <http://www.mytd.net/mediascape/argometi/sitoagora>.

D'Ercole A., "Breve e parziale storia del tempo", <http://www.bo.astro.it>.

"Errori sistematici", <http://ishtar.df.unibo.it>.

"Istituto e Museo di Storia della Scienza", <http://www.imss.fi.it/museo>

Englaro A., "Storia di Carnia", tratta dal libro "Paluzza in Carnia", <http://www.cjargne.it/storia.htm>.

Le immagini della presente bibliografia e quella all'inizio del glossario sono del disegnatore polacco-canadese Wojtek Kozak (www.wkozk.com).



Stampato in proprio
Settembre 2005



