

Mostra 2010-2011

Strumenti per misurare il tempo e lo spazio

Premessa e presentazione

Oltre all'interessamento per le vicende e le opere degli scienziati e dei tecnici, oltre all'esplorazione del pensiero scientifico e dei vari tipi di documentazione scritta che esso ci ha lasciato, è giustamente diventato sempre più rilevante e significativo l'interesse per la strumentazione scientifica, collocata anzitutto entro la sua propria vicenda storica e tenendo peraltro conto sia della dimensione propriamente funzionale ed economica, come pure di quella estetica, culturale e sociale.

In particolare, non si può tralasciare di coltivare interesse e passione per tutti quegli strumenti scientifici che da una parte sono serviti alla didattica delle scienze e dall'altra hanno costituito l'effettivo valido supporto nell'esercizio di molte professioni tecnologiche, ormai fortemente pervasive di tutte le società contemporanee.

In quest'ambito si colloca la selezione di strumenti scientifici, riconsiderata storicamente e in prospettiva didattica, che qui viene presentata.

*In sintesi si può dire che sono quattro i termini o parole-chiave che riguardano questa Mostra: **strumenti, misura, spazio e tempo.***

Il primo termine, quello di 'strumenti', dice principale riferimento alla storia della tecnica e della cosiddetta civiltà materiale.

Il secondo, quello cioè di 'misura', dice riferimento alla strumentazione concettuale e simbolica e ai moduli logico-matematici che ormai vengono applicati ad ogni discorso che si pretende scientifico.

Infine i termini di 'spazio' e 'tempo' si collocano sia nel campo delle scienze fisiche sia nell'ambito delle indagini metafisiche, in quanto hanno una matrice e una valenza per così dire filosofica o per meglio dire sia epistemologica (inerente cioè la filosofia della natura) sia gnoseologica (riguardanti cioè la capacità e le categorie conoscitive tipicamente umane).

Strumenti per la misura del tempo

Si deve considerare che, dal punto di vista psicologico e antropologico, la percezione e l'evidenziazione delle trasformazioni (cosmologiche, biologiche e somatiche) prodotte da una variabile nascosta, eppur inesorabilmente efficace, com'è il

cosiddetto 'tempo', costituisce una delle esperienze archetipiche dell'insorgere della coscienza tipicamente umana e uno dei concetti basilari sia della nostra percezione del mondo, detta appunto dinamica o diacronica, sia dell'intrinseca storicità degli eventi propriamente umani.

In pratica poi è stato notato sin dall'antichità che la grandezza fisica tempo risulta misurabile attraverso le sue manifestazioni indirette nei fenomeni di moto uniforme: lineare (clessidre o candele), circolare (orologi solari), periodico (orologi a pendolo).

Ma la strumentazione cronometrica escogitata e messa in opera nell'Antichità, nel Medioevo e anche in Epoca Moderna attesta la presenza, forse non avvertita esplicitamente da tutti gli storici, di due differenti eppur complementari – come oggi si sa – concezioni del tempo e della sua struttura.

Alcuni strumenti in effetti misurano il tempo immaginandolo come un 'flusso continuo': come fanno le meridiane e in generale gli orologi solari e gli astrolabi.

Altri strumenti invece sottendono una concezione del tempo come una 'scansione discreta' di unità successive e tendenzialmente uguali (isocronismo): come fanno gli orologi meccanici.

[A - C] Orologi solari: orizzontali e d'altezza

Il moto apparente della volta celeste intorno all'asse terrestre ha rappresentato l'orologio naturale fondamentale, sul quale sono stati regolati i vari tipi di orologi artificiali escogitati nel corso dei secoli dalla scienza e realizzati tecnicamente.

L'unità di misura cronometrica basilare diviene a questo punto il giorno e lo strumento principe per misurarne la durata è costituito dagli 'orologi solari': fondamentalmente essi si basano su proiezioni sopra un piano di moti circolari, di cui si vede l'effetto spaziale in termini di rotazione di un'ombra intorno ad un punto fisso, rotazione che può essere misurata in termini di angoli.

Il giorno, distinto visivamente nelle sue due parti del dì e della notte, poteva essere temporalmente misurato, una volta che si fosse fissato anzitutto un punto d'inizio e, trattandosi di un moto ripetitivo o periodico, anche un punto finale, cui segue immediatamente un nuovo inizio.

Si sa che come punto d'inizio è stato scelto o il tramonto (computo italico o boemo) o la mezzanotte (computo oltremontano e attuale), o l'alba (computo babilonico o egizio) o il mezzogiorno (computo astronomico).

Gli orologi solari portatili, nella infinita varietà delle loro forme concrete e del loro funzionamento, attestano il possesso di un certo grado di conoscenze astronomiche anche da parte di utenti popolari.

Come le meridiane orizzontali collocate nei giardini, anche gli orologi solari orizzontali portatili sono tra i più comuni e le linee orarie sono calcolate per una particolare latitudine, a meno che non siano dotate di gnomoni regolabili (misurando l'angolo tra lo gnomone e la piastra si trova l'angolo della latitudine), con magari incisi nella parte posteriore elenchi di città con le rispettive latitudini. Se poi vi è

aggiunta la bussola, l'orologio solare si orienta automaticamente, ovviamente verso il nord magnetico.

Nelle meridiane verticali l'ombra cade su una superficie verticale rispetto al piano dell'orizzonte, per cui gli orologi solari d'altezza vengono usualmente appesi ad un anello.

A – Clessidra e Orologi solari orizzontali: nn. 1 – 4

(1) [Cat 33] **Clessidra**, in lamina di ottone e vetro. Italia, sec. XVIII. Corpo cilindrico, diametro mm 41, altezza mm 109 con fregi sbalzati, coperchio con indicatore mobile delle ore (da I a IIII) a forma di stella a sei punte. Clessidra da convento, ad uso delle preghiere.

La clessidra a sabbia – insieme con le clessidre ad acqua, e le candele di una data composizione e lunghezza – costituì uno dei primi strumenti per la misurazione di intervalli di tempo, indicati in questo caso da quanto impiega la sabbia a scendere dal comparto superiore a quello inferiore.

Ovviamente bisogna tener presente che i contenitori in vetro per gli orologi ad acqua o a sabbia non possono essere esistiti prima che si fosse capaci di soffiare con precisione le fiale di vetro, cioè verso l'VIII secolo in Occidente.

Per la navigazione venivano usate grandi clessidre da mezz'ora per la scansione del tempo a partire dal mezzogiorno (quando il Sole passa al meridiano) verificato dal pilota della nave. Ogni mezz'ora il marinaio addetto al conteggio doveva battere la campana, un colpo progressivo ad ogni giro della clessidra, scandendo così il tempo di bordo con l'esattezza relativa che il sistema consentiva; d'altronde, dalla precisione di questa misura dipendeva il calcolo della latitudine e quindi della posizione della nave.

(2) [Cat 11 e A/10] Adams, London – **Orologio solare equinoziale universale**. Inghilterra, fine sec. XVIII. In ottone inciso e cesellato, diametro 140 mm. Base circolare con tre piedini regolabili a vite, portante al centro una grande bussola con ago a barra bloccabile, fondo bussola in metallo argentato con rosa dei venti a otto punte incise e decorate a girali, scala esterna circolare divisa in quattro quadranti da 0° a 90°, due bolle toriche ortogonali per l'orizzontalità controllata dai piedini. Quadrante orario tipo Augsburg costituito da anello equinoziale incernierato alla base e reclinabile secondo la latitudine da leggersi sull'arco basculante laterale graduato da 0° a 60°, con scala delle ore in cifre romane IIII – XII - VIII ed indicazioni dei minuti di due in due; stilo reclinabile incernierato al quadrante lungo la linea meridiana costituito da un'asta a punta sagomata e da una mensola a volute.

*Per notizie a proposito dell'officina meccanica e commerciale degli Adams di Londra cfr. M.Daumas, *Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles*, Paris 1953, pp. 312-314.*

(3) [Cat 7 e A/6] Anonimo - **Orologio solare orizzontale di direzione da viaggio**. Italia (?), sec. XVIII. In avorio, 59 mm. Scatola tonda in avorio con coperchio incernierato e fornito di oblò centrale in vetro per la visione della bussola con rosa dei venti in carta colorata a 16 punte; quadrante orizzontale delle ore in numeri romani da V a VIII; gnomone triangolare in ottone, ribaltabile, con inciso sulle due facce Eolo soffiante.

(4) [Cat 10 e A/9] Anonimo - **Doppio orologio solare orizzontale**. Francia, (periodo del Direttorio) circa 1810. Con segnato: «Cadran Analemme Portatif pour latitude de 48°48' - 1761». In ottone inciso. Base costituita da una piastra rettangolare ad angoli smussati di 140 x 101 mm, con quattro piedini regolabili a vite, portante due quadranti solari aventi la linea meridiana nella stessa direzione. A) Superiormente, orologio solare orizzontale analemmatico, con quadrante delle ore a forma ellittica, con le scale incise in cifre romane IV – XII – VIII; al centro del quadrante stilo ribaltabile scorrevole a slitta lungo la linea meridiana graduata con tacche corrispondenti ai mesi dell'anno e ai segni zodiacali. Sul bordo superiore, ortogonale alla linea meridiana, gnomone triangolare ribaltabile (per la verifica dell'orizzontalità dello strumento?). B) Inferiormente, quadrante orario orizzontale con scala delle ore in cifre romane IV – XII – VIII portante al centro uno stilo ribaltabile triangolare con bordo sud smerlato. Mancando la bussola, l'orientamento dello strumento avviene ruotando lo stesso fino a che i due quadranti segnino la stessa ora.

B – Orologi solari orizzontali: nn. 5 – 9

(5) [Cat 1 e A/0] Replica moderna di **orologio solare orizzontale portatile** eseguita per l'Orologeria Barozzi di Brescia.

(6) [Cat 3 e A/2] Famiglia Vogler di Augsburg – **Orologio solare equinoziale universale**. Germania, metà sec. XVII. Piastra ottagonale in ottone inciso con al centro la bussola; anello equinoziale incernierato ed inclinabile a seconda della latitudine; indici delle ore in numeri romani IX-XII-III; asta diametrale portante lo gnomone. Vedi anche n. 9 [Cat. 14 e A/13].

Sulla Famiglia Vogler cfr. M.Daumas, Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles, Paris 1953, p. 335 e H.Michel, Catalogue des Cadran Solaires du Musée de la Vie Wallonne, Liège 1953, Part 1, pp. 32-33.

(7) [Cat 6 e A/5] **Compendio**, in avorio lavorato al tornio, a forma di botticella, scomponibile in 5 rocchetti avvitali tra loro. Probabile manifattura italiana, metà sec. XVII. In avorio, 45 x 83 mm. I rocchetti intermedi contengono: a) orologio solare orizzontale di direzione, con bussola centrale su rosa dei venti in scala con 16 direzioni, quadrante orario con scale ore in numeri romani da III a XII e da I a VIII e gnomone triangolare in ottone, ribaltabile; b) calendario lunare con due volvelle girevoli in ottone dorato e argentato munite di indici sagomati; scala esterna delle ore da 1 a 12 e da 1 a 12; scala interna con giorni lunari da 1 a 30.

(8) [Cat 17 e A/16] Anonimo – **Orologio solare orizzontale**, in bronzo. Inghilterra, sec. XVIII / XIX. Piastra tonda, mm. 154, con tre fori per il fissaggio, al centro la rosa dei venti a otto punte, all'esterno la scala oraria, in cifre romane III – XII – VII ed il motto "Time Flies". Gnomone triangolare con sostegno a voluta.

(9) [Cat 14 e A/13] Willebrand, Augsburg - **Orologio solare orizzontale universale**, in ottone dorato ed argento. Germania, sec. XVIII. In ottone dorato ed inciso, quadrante orario e volvelle lunari in argento, su base ottagonale 62 x 65 mm. La base ottagonale è inclinabile mediante tre piedini a vite lungo l'asse meridiano e la sua inclinazione è controllata da un archipendolo reclinabile con scala delle latitudini da 40° a 60° mentre la bussola centrale, incernierata alla base lungo un asse ortogonale alla linea meridiana, risulta basculante e lavora sempre su un piano orizzontale. Tre scale, graduate in cifre arabe e concentriche, attorniano la bussola; all'esterno, in cifre nere, il quadrante delle ore 3 - 12 - 9; al centro, il mese lunare in cifre nere da 1 a 28; all'interno volvella ruotante portante un indice verso la scala del mese lunare con incise in rosso le ore del giorno 1 - 12 - 1 - 12, stilo triangolare facente corpo unico con l'archipendolo. Il quadrante delle ore è completato dalla scritta «Horizontale Solis & Lunarie». Sul retro dello strumento l'«Elevatio Poli» di 45 città ed il nome del costruttore. Vedi anche n. 6 [Cat. 3 e A/2].

Sulla tradizione artigianale di costruzioni di orologi solari realizzatasi ad Augusta, in Germania, cfr. M.Daumas, Les instruments scientifiques aux XVII^e et XVIII^e siècles, Paris 1953, p. 119.

C – Orologi solari d'altezza: nn. 10 – 16

Gli orologi solari d'altezza si regolano appunto sull'altezza del Sole e di per sé non richiedono bussola di orientamento.

(10) [Cat 23 e B/6] D.Beringer – **Orologio solare mobile cubico universale** con cinque quadranti orizzontali e verticali, in legno e carta colorata. Norimberga, seconda metà sec. XVII. Con cinque quadranti solari di direzione orizzontali e verticali. In legno e carta colorata. Il cubo di mm 66 di lato reca 5 facce, ciascuna provvista di gnomone fisso in lastra di ottone sagomata e di quadranti solari di direzione orizzontali o verticali in carta colorata con le ore segnate in numeri romani. La faccia superiore con quadrante orizzontale con scala delle ore IIII – XII - VIII; la faccia laterale sud con quadrante verticale con scala delle ore VI – XII - VI; la faccia laterale nord, recante la firma del costruttore, con quadrante verticale con scala delle ore IIII – VIII e VIII – IIII; la faccia laterale est con quadrante verticale declinate con ore da IIII a XI; la faccia laterale ovest con ore da I a VIII. L'orologio è reso universale in quanto il cubo, mediante uno snodo del piede di sostegno, consente di inclinare i quadranti nella direzione Nord-Sud ed un filo a piombo sul quadrante laterale Est segna su apposita scala graduata da 30° a 80° la latitudine di funzionamento. Il piede snodato del cubo poggia in posizione eccentrica su una base rettangolare di 97 x 78 mm dotata di quattro piedini in legno tornito, base ricoperta di carta colorata e portante una bussola circolare con ago a freccia e quadrante in carta colorata con rosa dei venti ad otto punte ed indicazione del Nord magnetico con una deviazione di 20° Ovest. Vedi anche n. 22 [Cat 31 e C/4].

La famiglia di David Beringer era originaria di Dieppe in Francia, donde fu costretta ad emigrare allorché i «nuovi convertiti» furono indotti ad abbandonare la loro patria dopo la revoca dell'Editto di Nantes; essa prese allora dimora a Norimberga.

(11) [Cat 27 e B/10] Anonimo – **Quadrante verticale universale**, in simil avorio. Francia, sec. XX.

(12) [Cat 25 e B/8] Anonimo – **Disco solare altimetrico**. Bavaria, metà sec. XVII. In bronzo, mm 65 x 46. Placca massiccia con anello di sospensione con inciso sulla faccia esterna la scala dei mesi e il punzone del costruttore portante un'alidada rotante in ferro forgiato con pinnula regolabile sulla scala dei mesi e con gnomone costituito da un forellino che proietta il raggio del Sole sulla scala delle ore in numeri arabi 4 – 12 – 8 incisa sull'altra faccia.

(13) [Cat 24 e B/7] Anonimo – **Anello solare di altezza**. Italia (?), sec. XVII. In ferro, diametro mm. 33. Anello in ferro con occhiello mobile per posizionamento verticale d'impiego recante sulla faccia esterna le tacche del calendario mensile alle quali riferirsi per posizionare lo gnomone costituito da un foro mobile lungo la circonferenza attraverso il quale penetra il raggio di Sole per l'indicazione dell'ora sul quadrante orario inciso sulla faccia interna dell'anello. All'interno punzone del costruttore.

Per far funzionare una meridiana ad anello occorre far coincidere il foro di cui è provvista con il nome del mese corrente; poi la si deve appendere in maniera che giaccia sullo stesso piano che passa per il Sole. In questa posizione il raggio di luce che passa attraverso il foro andrà ad indicare l'ora della giornata sui numeri tracciati sulla superficie interna dell'anello, nella zona opposta al foro stesso.

(14) [Cat 22 e B/5] Lasnier, Paris – **Anello equinoziale universale**. Francia, sec. XVIII. In ottone, snodato e chiudibile. Diametro mm. 93. Anello esterno con sospensione mobile scorrevole sulla circonferenza ove sono incise due scale delle latitudini, graduate da 0° a 90°, riferite rispettivamente all'emisfero nord e sud, la firma del costruttore e le indicazioni delle latitudini di Parigi e Roma; sull'altra faccia dell'anello esterno le indicazioni delle latitudini di sette città. Anello interno con quadrante orario con ore e mezze ore da 12 a 12, mentre sull'altra faccia stanno le indicazioni delle latitudini di altre sette città. All'interno degli anelli calendario verticale con le indicazioni dei mesi e dei segni zodiacali e gnomone costituito da un cursore forato mobile a slitta lungo la scala verticale dei mesi.

Le caratteristiche di questo strumento possono essere meglio apprezzate attraverso la descrizione che ne è data in Storia delle scienze. Gli strumenti, a cura di G.L'E.Turner, Torino 1991, t. 1, pp. 130.

(15) [Cat 18 e B/1] Anonimo – **Orologio solare a cilindro “del Pastore”**. Sec. XVIII. In legno di bosso, h. cm. 9. Linee verticali dei mesi; linee curve delle ore, graduate da 7 a 1 e da 12 a 5. Gnomone metallico in lamierino, ribaltabile in posizione di riposo.

Il suo nome deriva dal fatto che era particolarmente usata dai pastori e in generale da chi viveva all'aperto, data la sua comodità di trasporto e d'uso. Le caratteristiche di questo strumento possono essere apprezzate attraverso la descrizione data in Storia delle scienze. Gli strumenti, a cura di G.L'E.Turner, Torino 1991, t. 1, pp. 130.

(16) [Cat 19 e B/2] Anonimo – **Orologio solare universale d'altezza rettilineo**, tipo «Regiomontanus». Francia 1694. In avorio, mm 55 x 84. Come in tutti i clinometri, sul lato superiore si ha la linea di mira per traguardare il Sole. Sul retro, in alto a destra è fissato il braccio snodato, composto da tre segmenti in ottone, che regge il pendolino (mancante). In basso il fascio delle linee orarie parallele con la numerazione superiore da 0 a 12 per le ore antimeridiane e la numerazione inferiore da 12 a 0 per le ore postmeridiane; sulla destra la scala laterale della declinazione con indici i segni dello zodiaco sui quali bisogna regolare la posizione della perlina mobile scorrevole sul filo del pendolino. Superiormente il triangolo delle declinazioni formato da linee orizzontali delle latitudini da 20° a 60° di cinque in cinque (per cui il «Regiomontanus» è un orologio universale) e il fascio di linee convergenti della declinazione graduato da 30° a 0° a 30° con indici i segni dello zodiaco e le iniziali dei mesi: il tracciato triangolare indica il punto in cui fissare l'attacco del pendolino in funzione del mese e della latitudine. Sul retro, orologio solare d'altezza a traguardo (clinometro a quadrante) con pendolo fisso (mancante) per la latitudine di Parigi, gradi 49. Sul lato curvo scala da 0° a 90° graduata ogni dieci delle altezze del Sole. Il quadrante è completato da tre scale orarie circolari per tre declinazioni, dalla scala delle declinazioni avente per indici i segni zodiacali, e delle linee orarie tratteggiate per le coppie di ore AM e PM. La lettura dell'ora avviene regolando la perlina mobile lungo un filo del pendolino sulla scala delle declinazioni, traguardando il Sole e leggendo la posizione della perlina sulle linee delle ore. Sul vertice del quadrante la scritta «PRO/LATITUDE/PARIS GRADI 49» e dalla parte opposta «AN/1694».

Questo tipo di strumento viene denominato «Regiomontanus» dal nome con cui era universalmente noto Johann Müller (1436-1476) von Königsberg - quest'ultimo termine veniva appunto latinizzato in Regiomontano - che lo ideò a Norimberga e ne fece conoscere il funzionamento proprio nel 1476.

[D - F] *Astrolabi e dittici*

D – Astrolabio e notturnale: nn. 17 - 18

(17) [Cat 21 e B/4] Ugo Lombardo ing. – 1968, **Astrolabio** in ottone dorato. Italia sec. XX; firmato sul retro della 'madre'. Diametro di 142 mm. Il *recto* è dotato di un timpano e della rete indicante la posizione di 16 stelle: (Sul Tropico del Capricorno) Ceti, Erilani, Rigel, Sirio, Alfardady, Spica; (Sull'equinoziale) Aldebaran, Procion, Altain, Libra; (Sullo zodiaco) Caper, Amphora, Pisces, Aries, Taurus, Gemini, Cancer, Leo, Virgo, Libra, Scorpius, Arcitenens. Sul *verso* alidada con mire, scale circolari con i segni zodiacali ed i mesi dell'anno; al centro, il quadrato delle ombre.

L'astrolabio planisferico rappresenta il nostro sistema stellare in una versione bidimensionale, secondo la tecnica della proiezione stereografica. Facendo ruotare sopra il 'timpano', posto all'interno della 'madre' o matrice dell'astrolabio, la mappa delle stelle riportata dalla 'rete' viene simulato il movimento della sfera celeste. Lo strumento consente pertanto di calcolare la posizione di una stella a una data ora della notte e a una data latitudine; così come consente di conoscere la

posizione dei pianeti, del Sole e di qualsiasi altro corpo celeste visibile nel nostro sistema stellare nell'arco dell'anno, negli anni passati e in quelli futuri. Risultano poi indicate le previsioni di eclissi di Sole o di Luna e di diversi altri possibili eventi astronomici secondo vari tipi di calendari.

Oltre a calcoli di astronomia, l'astrolabio veniva usato anche per misure terrestri potendo calcolare distanze lineari e angolari mediante le scale goniometriche e il cosiddetto 'quadrato delle ombre', tenendo in questo caso presente che un'asta verticale esposta al Sole proietta su un piano orizzontale un'ombra detta 'ombra diritta'; mentre un'asta orizzontale proietta su un piano verticale un'ombra rovesciata, detta 'ombra versa'; il rapporto tra la lunghezza dell'asta e quella della sua ombra indica l'altezza del Sole.

(18) [Biblioteca C.Viganò] Orologio notturno o **notturnale**.

Indica approssimativamente l'ora durante la notte, in dipendenza ovviamente dalla possibilità di vedere la Stella Polare e l'Orsa Maggiore, considerando che le stelle sembrano ruotare attorno al Polo una volta in ventiquattrore (meno quattro minuti ogni giorno).

Per sapere l'ora si dispone la lancetta lunga rotante sulle 12, e poi, tenendo verticale lo strumento, si guarda la Stella Polare attraverso il foro centrale; la lancetta viene messa poi in linea con le cosiddette 'Guardie dell'Orsa', cioè le due stelle maggiori della costellazione allineate alla Stella Polare. L'ora viene indicata dalla lancetta che attraversa il disco orario.

E – Orologi solari dittici: nn. 19 - 23

L'aggettivo dittico sta a indicare qualsiasi cosa piegata in modo d'avere due parti. Nel caso degli orologi solari dittici - che uniscono le caratteristiche di quelli orizzontali e di quelli verticali - si tratta di due piastre unite da cerniere, da aprire ad angolo retto al momento dell'uso; la corda che dall'apertura risulta tesa funge da gnomone e l'ombra cade su un quadrante orizzontale e su uno verticale, entrambi incisi sulle superfici interne delle due piastre.

Generalmente vi è anche una bussola magnetica, che serve ad orientare lo strumento con buona approssimazione verso il Nord

Sulla parte esterna della piastra superiore può esserci una rosa dei venti, mentre su quella della piastra inferiore può trovarsi un disco lunare con informazioni sul calendario e magari anche sulle latitudini delle principali città europee, onde orientare la corda verso la Stella Polare.

(19) [Cat 28 e C/1] Anonimo – **Dittico analemmatico magnetico**, tipo “Dieppe”. Francia, fine sec. XVII. In avorio e metallo, mm 68 x 57.

1a) Quadrante polare con scala delle ore 4 – 12 – 8 e quadrante circolare equinoziale con scala delle ore da 12 a 12; al centro foro per gnomone a spillo riposto in apposita sede laterale della piastra inferiore.

1b) Orologio lunare con calendario annuale a doppia volvella per le fasi e le ore lunari in metallo. Sul lato destro scala delle latitudini da 10° a 80° per posizionare i quadranti dal lato 1a) mediante un'asta metallica incernierata e contenuta in apposita sede nella piastra inferiore.

2a) Quadrante solare orizzontale con scala oraria circolare 5 – 12 – 8 con gnomone a filo fissato tra le due piastre del dittico; al centro bussola sul cui fondo un quadrante ellittico (analemma) sul quale è incisa una scala oraria 5 – 12 – 7, in senso antiorario,

mobile in senso verticale, solidale e connesso ad un calendario annuale mobile e metallico posto sul lato 2b).

2b) Calendario annuale mobile in metallo, connesso con l'analemma in 2a), con i nomi dei mesi e le gradazioni dei giorni e, al centro, il quadrato numerato per l'individuazione dei giorni della settimana. Sul fondo della bussola in 2a) cartiglio con le indicazioni delle latitudini di alcune città.

Una sintetica storia dei quadranti solari dittici può essere letta in H.Michel, Catalogue des Cadrans Solaires du Musée de la Vie Wallonne, Liège 1953, Parte 1, pp. 23-24; mentre le caratteristiche di questo prezioso strumento possono essere apprezzate leggendone la descrizione in Storia delle scienze. Gli strumenti, a cura di G.L'E.Turner, Torino 1991, t. 1, pp. 125.

(20) [Cat 29 e C/2] Anonimo – **Dittico in legno**. In arte povera, mm. 90 x 54, con gnomone e filo. 1b) Quadrante verticale con scala ore 6 – 12 – 6. 2a) Quadrante orizzontale con scala ore 4 – 12 – 8 e, al centro, bussola con rosa dei venti a croce.

(21) [Cat 30 e C/3] Anonimo – **Dittico in avorio**. Epoca sec. XIX. 1a) Stemma a forma di giglio all'interno di cornice a tre linee.

1b) Quadrante solare verticale zodiacale con scala originaria 1 – 12 e segni dello zodiaco. Quadrante verticale per lo gnomone a filo con scala oraria 6 – 12 – 6. Sulla sinistra scala delle latitudini da 30° a 60° con indice metallico ribaltabile ed incassabile nella piastra inferiore.

2a) Bussola con rosa dei venti a croce e quadrante orizzontale per lo gnomone a filo con scala delle ore 4 – 12 – 8. Quadrante orizzontale con ore babilonesi da 1 a 13.

2b) Indicazioni delle latitudini di 9 città.

(22) [Cat 31 e C/4] Anonimo – **Dittico in legno e carta**. Epoca sec. XVIII.

1b) Nell'angolo superiore destro è appeso un piombo che trova un contrassegno in 2a) per il controllo della verticalità della piastra superiore. In alto quadrante solare verticale con ore italiane da 13 a 22 e gnomone a spillo; nella parte inferiore quadrante solare verticale con indici delle ore da 4 – 12 – 8, e gnomone a spillo. Entrambi i quadranti sono disegnati con linee e numeri in rosso ed evidenziano con una linea nera verticale e una M la linea meridiana.

2a) Bussola semplice con quadrante in carta con segnata la direzione nord-sud; quadrante solare orizzontale con ore italiane da 12 a 22, linee e numeri in rosso e la linea meridiana in nero contraddistinta da una M in nero, gnomone a spillo. Ai lati della bussola la scritta «1821/Gr. 43,30».

Vedi anche n. 10 [Cat 23 e B/6].

Sui quadranti dittici in legno e carta cfr H.Michel, Catalogue des Cadrans Solaires du Musée de la Vie Wallonne, Liège 1953, Parte 1, p. 27.

(23) [Cat agg 3] **Mappamondo** moderno (diametro: 7 cm)), con indicazioni di località in lingua inglese, contenente una **Bussola** e un **Orologio solare**, con rosa dei venti, recante la scritta "JEBEGUE PARIS 1852".

F – Combinazione di orologi solari: n. 24

(24) [Biblioteca C.Viganò] **Combinazione di orologi solari** (originale conservato nel Bayerisches Nationalmuseum di Monaco di Baviera; ricostruzione in gesso eseguita da Omar Borghetti)

Lo strumento richiama da una parte il quadrante solare a emiciclo o 'scaphe' descritto da Vitruvio all'inizio della nostra era e d'altra parte anche i quadranti solari poliedrici, che permettono di sopprimere la bussola, perché basta verificare che tutti i quadranti segnino la stessa ora: in tal caso lo strumento risulterà perfettamente orientato

[G - I] **Orologi meccanici**

Nel corso del Medioevo vennero realizzati misuratori di tempo meccanici, nei quali un ingegnoso meccanismo – il bilanciante – blocca e poi libera ad intervalli temporali regolari e tendenzialmente identici un meccanismo di ingranaggi

Come motori venivano usati dapprima la caduta di un peso e poi lo svolgimento di una molla a spirale; solo piuttosto di recente è stata applicata l'elettricità come fonte di forza motrice per azionare un orologio; mentre negli orologi elettronici il motore e il bilanciante di fatto coincidono.

Ma anche il bilanciante o più in generale lo scappamento, anche se il principio di base è rimasto invariato, è stato oggetto di continui perfezionamenti. I tipi principali di scappamento possono essere ritenuti i seguenti: verga e foliot, a rinculo, libero ad ancora, a caviglie, a cilindro, a gravità, a scatto, duplex, ecc.

Ad inizio Seicento, come si è già avuto modo di dire, Galileo Galilei aveva notato il fenomeno che viene definito 'isocronismo' delle oscillazioni del pendolo, cioè che in un certo luogo la durata delle piccole oscillazioni di esso dipendeva soltanto dalla lunghezza del pendolo stesso; ma fu solo a metà Seicento che lo scienziato olandese Christaan Huygens poté concepire e poi far costruire appunto un 'orologio oscillatorio', perfezionandone subito la precisione facendo oscillare il pendolo tra un paio di staffe cicloidalì; l'esclusiva di fabbricazione venne concessa a Salomon Coster dell'Aja.

Anche la varietà e la complessità degli orologi meccanici rendono impossibili raggruppamenti tipologici, se non per motivi e con criteri eminentemente pratici.

Ciò vale sia per i modelli fissi, a pesi e a molle, sia per i modelli da persona, decorativi o anche ad uso scientifico.

G – Orologi meccanici: nn. 25 - 26

(25) [Cat 35] **Orologio in ottone** racchiuso in una scatola tonda con coperchio incernierato e con anello per la catena. Diametro mm 77, marcato sulla platina, sul coperchio interno, sul fondo scatola ecc. col numero 109295 - Scappamento ad ancora, quadrante in ottone con scala delle ore in numeri romani, scala minimi a

tacche, lancette in acciaio a freccia, carica a chiave. Funzionante - Orologio in dotazione alla ronda e guardie notturne. Epoca sec. XIX.

(26) [Biblioteca C.Viganò] **Orologi meccanici da persona.** Copie moderne da collezione dedicate precisamente ai seguenti scienziati rinascimentali e moderni: Leonardo da Vinci (1452-1519); Nicolò Copernico (1473-1543); Galileo Galilei (1564-1642); Giovanni Keplero (1571-1630); Renato Cartesio (1596-1650); Isacco Newton (1642-1727)

I proprietari di tali orologi, quando si facevano ritrarre, non mancavano di esigere dai pittori che fossero riprodotti in bella mostra, magari pendenti con una catenina al collo, anche quelle loro proprietà di cui andavano fieri.

H – Orologi meccanici: nn. 27 – 28

(27) [Cat 37] D. M^c Gregor & C^o. **Cronometro da marina** con cassa in ottone su giunto cardanico in scatola in legno di teak ed inserti in ottone con due maniglie incernierate e doppio coperchio incernierato, il superiore cieco con chiusura a scatto, il secondo con finestra in vetro e chiusura a chiave. Quadrante in metallo argentato con scala delle ore in numeri romani, al 12 quadratino della riserva di carica con scala 0 - 56 ore, a 6 quadratino dei secondi continui, al centro la scritta "D. M^c Gregor & C^o / Makers to the Admiralty / Glaskow & Greenock / S 2671 – Sotto il coperchio cieco etichetta in carta di "Guglielmo Weichert" fabbricante di cronometri e orologi, ed strumenti Nautici ecc. ecc.- All'interno etichetta in carta "M. MULTEDO" con segnato il fabbricante ed il numero del cronometro e "cambiato l'olio li Febbraio 1887" – Inghilterra, seconda metà sec. XIX.

Nell'ambito della navigazione per risolvere il difficile problema della determinazione della longitudine in mare aperto, osservando in pratica la differenza delle ore locali tra il porto di partenza e il punto da determinare (tenendo presente che ad un'ora di tempo corrispondono 15° di longitudine), bisognerà giungere sino a metà Settecento perché l'inglese John Harrison fosse in grado di realizzare proprio un orologio meccanico capace di affrontare il mare e tutti i climi, fornendo impeccabili informazioni cronometriche.

(28) [Biblioteca C.Viganò] **Orologi meccanici da persona.** Copie moderne da collezione dedicate precisamente ai seguenti scienziati sette-ottocenteschi: Andrea Celsius (1701-1744); Beniamino Franklin (1706-1790); Alessandro Volta (1745-1827); Andrea-Maria Ampère (1775-1837); Giorgio Stephenson (1781-1848); Agostino-Giovanni Fresnel (1788-1827); Samuele Morse (1791-1872).

I – Cassetta con orologi meccanici tascabili: n. 29

(29) [Biblioteca C.Viganò] **Orologi meccanici da persona.** Copie moderne da collezione dedicate precisamente ai seguenti scienziati otto-novecenteschi: Cristiano Doppler (1803-1853); Antonio Meucci (1808-1889); Carlo Darwin (1809-1882); Rodolfo Diesel (1858-1913); Maria Curie (1867-1934); Guglielmo Marconi (1874-

1937); Alberto Einstein (1879-1855); Alessandro Fleming (1881-1955); Enrico Fermi (1901-1954); Carlo Davide Anderson (1905-1991).

Tutti questi orologi sono tratti dalla raccolta "Science Collection" di modelli di orologi da tasca - dotati di effettivo movimento meccanico - finemente lavorati, di design classico, dedicati agli scienziati più celebri: dal matematico Archimede a Carl David Anderson, scopritore del positrone. Pubblicata in Italia (2006-2008) Hobby & Work Publishing, con testi tradotti al tedesco da un volume edito a Monaco di Baviera, 1979 e 1990⁴.

Strumenti per la misura dello spazio

Non si può né si vuole tralasciare di riconoscere in via preliminare che l'esperienza spaziale e il concetto di 'spazio' sembrano aver costituito una delle prime acquisizioni della psiche umana, e forse anche infraumana.

In effetti le misure spaziali sono state introdotte nella pratica umana sin dalle prime manifestazioni di civiltà; ma i campioni-tipo scelti per effettuare le misure variavano da un luogo all'altro; si tenga poi conto che le prime unità di misura delle lunghezze furono create rapportandosi alle membra umane.

Dopo molti secoli in cui furono adottate unità di misura assai diversificate, proprio al fine di por rimedio alle difficoltà e agli abusi che una tale frammentazione metrica aveva sempre di più manifestato, mediante una celeberrima triangolazione - effettuata in Francia e in Spagna dal 1792 al 1798 tra Dunkerque e Barcellona da parte di J.B.Delambre e P.Méchain - si giunse a stabilire, a partire dalla precisa misurazione di un arco di meridiano, il prototipo di una (presunta) unità naturale (e quindi universale) di misura lineare: il 'metro', inteso come la decimilionesima parte della distanza tra l'equatore e il polo, ossia di un quarto del meridiano terrestre, nella presunzione che tutti i meridiani siano rigorosamente uguali e che la Terra sia perfettamente sferica.

In verità nel 1889 la Commissione internazionale dei pesi e delle misure adottò un nuovo prototipo in platino iridato per il metro, il cui campione viene conservato a 0° al Sèvres di Parigi. In seguito, nel 1960 la Conferenza dei pesi e delle misure stabilì una nuova definizione di metro, pari a 1.650.763,73 volte la lunghezza d'onda nel vuoto della radiazione arancione dell'atomo di Cripton 86. Infine, nel 1983 la Conferenza dei pesi e delle misure adottò una nuova definizione di metro, valutato come la distanza percorsa dalla luce nel vuoto a 1/299.792.458 di secondo.

Oltre alle lunghezze, si deve ricordare che a loro volta le 'variazioni di direzione' possono essere valutate mediante il ricorso al concetto e alla misura degli angoli.

Un angolo (in greco, gònos) piano rettilineo è determinato e può essere definito dalla reciproca inclinazione di due rette (i lati) che s'incontrano in un punto (il vertice) e la sua grandezza o misura dipende dalla differenza delle direzioni delle due rette incidenti. La scienza che studia geometricamente e aritmeticamente gli angoli si chiama 'goniometria'.

In geometria si usa misurare gli angoli per mezzo di archi di circonferenza, perché questi sono proporzionali agli angoli stessi, per cui si sono potute definire alcune fondamentali funzioni goniometriche.

Gli angoli piani vengono misurati in ‘radianti’ [rad], cioè con riferimento alla misura di un angolo che, posto con il vertice nel centro di una circonferenza di raggio unitario, intercetta sulla circonferenza stessa un arco di lunghezza unitaria: l'intero angolo giro misura 2π rad, l'angolo piatto π rad, l'angolo retto $\pi/2$ rad.

Ma gli angoli stessi possono anche essere misurati in ‘gradi’ (simbolo: °): l'angolo giro misura in tal caso 360° , l'angolo piatto 180° , l'angolo retto 90° .

Alla goniometria è stata poi associata la teoria matematica delle ‘similitudini’, cioè delle figure i cui angoli sono uguali e i lati rispettivamente proporzionali.

Dall'applicazione del calcolo e delle funzioni circolari o goniometriche alle figure triangolari, unendo cioè cerchi e triangoli, è nata la ‘trigonometria’.

Tutte queste strutture teoriche stanno alla base della costruzione di diversi strumenti; mentre si deve in conclusione dire che sulla geometria del triangolo si basano il metodo e l'operazione geodetica e topografica detta appunto ‘triangolazione’ – di cui s'è fatto cenno a proposito della determinazione settecentesca del metro - con cui si ricopre un'area designata mediante una rete di triangoli aventi a due a due un lato in comune; essa si fonda sulla misura quanto più esatta possibile di una ‘base’, cioè di un segmento di lunghezza e di coordinate note.

[L - N] Misura e calcolo

L – Metro, calibro, squadra, compasso, regolo calcolatore: nn. 30 - 36

(30) [Cat 101] **Metro** a due bracci pieghevoli ed incernierati in avorio ed ottone con doppia scala da 0 a 12 pollici (un piede). Non marcato - Inghilterra, sec. XIX.

(31) [Cat 126] **Metro** in legno di bosso composto da dieci elementi di 7 pollici ognuno scorrevoli a slitta uno sull'altro con fermo a scatto nella posizione estesa, misura totale aperto tutto pollici 60. Metro per misurare il diametro interno delle botti - Stati Uniti d'America, sec. XIX.

(32) [Cat 111] **Calibro** in legno di bosso ed ottone, marcato “RABONE CHESTERMAN – N° 3863 – MADE IN ENGLAND”. Corsore in ottone con gambo graduato in centimetri (0 - 9) ed in pollici (0 - 3,5), nonio . Corpo in legno con scala in centimetri (0 - 9,4) ed in pollici (0 - 3,7). Dimensioni mm 110 x 28 – Sec XX.

(33) [Cat 112] **Calibro** in legno di bosso ed ottone, marcato “RABONE – N° 1463 – MADE IN ENGLAND”. Corsore in ottone con gambo graduato in pollici, da 0 a 5,5, corpo in legno con scala di 5 pollici. Testa conformata per poter misurare il diametro di fori e tubi. Sec. XX.

Il calibro, a volte dotato di vite micrometrica che consentiva di regolarne l'apertura in modo preciso, era destinato ad esempio al controllo del diametro delle palle di cannone e dell'anima dei pezzi d'artiglieria.

(34) [Cat 67] **Squadra** in legno di rovere con lati retti bordati in ebano nero portante un filo a piombo con peso in ottone di forma a uovo. Targhetta in avoriolina marcata "W.PIMLOTT". Lati mm 250 e mm 312.

(35) [Cat 49] **Compasso nautico** a punte fisse e ad aste sagomate in ottone ed acciaio, altezza mm 177. Marcato sullo snodo "W & HC / BRITISH MADE", Inghilterra, sec XVIII.

(36) [Cat 109] **Regolo calcolatore** in legno di bosso con cursore in metallo e plastica, marcato "350 * A.W.FABER", righello graduato in centimetri da 0 a 27. Sul fondello cartiglio in carta con stampate varie tabelle di pesi misure ecc. Francia, sec. XX – Misure mm.280 x 33 x h 9.

Ad inizio Seicento J.Napier inventò i logaritmi, che permettono di sostituire alle moltiplicazioni le addizioni e di rappresentare i numeri mediante lunghezze proporzionali ai loro logaritmi. Ora, disponendo una dietro l'altra le suddette lunghezze, il totale di esse rappresenta la loro somma, cioè il logaritmo del loro prodotto, prodotto che si può a sua volta leggere su una scala.

Sulla base di tali principi e procedure a metà Seicento venne concepito e realizzato il regolo calcolatore (all'inglese detto 'slide rule') ad asta scorrevole, di cui si valutò la capacità di ottenere risultati di calcoli a due o tre cifre significative. Si deve all'inglese William Oughtred la realizzazione di un sistema a due regoli scorrevoli l'uno sull'altro per confrontare direttamente le scale dei numeri; ma solo nella seconda metà dell'Ottocento venne introdotto un cursore di riferimento per la lettura diretta di più scale.

M – Calcolatrice cinese e compassi di proporzione: nn. 37 - 40

(37) [Pizzamiglio] **Suanpan** o abaco cinese

Per effettuare calcoli aritmetici sin dall'antichità risulta che siano stati messi a punto degli strumenti a tavoletta. denotati nel mondo greco col nome di 'abaco', nei quali venivano allineati dei sassolini, denominati in latino come 'calcoli'.

Se poi una serie di palline o di sferette o di gettoni viene bucata e le palline successive vengono infilate in fili tesi, alla maniera dei vecchi pallottolieri, si ottengono strumenti che si ritrovano essere stati usati in passato, e talvolta ancora al presente, presso molte civiltà un po' in tutto il mondo.

È questo il caso ad esempio dei suanpan cinesi, in cui appunto si realizza una 'bead arithmetic', cioè un calcolo mediante una 'collana di perline' ordinate su base decimale (con valore unitario nell'area inferiore con cinque sferette e con valore cinque per ciascuna delle due sferette nell'area superiore); cosa ben diversa – come si sa - dal bisuan, cioè la 'pen calculation', corrispondente al nostro calcolo algoritmico con matita o penna e carta.

(38) [Cat 70] **Compasso di proporzione** in ottone, marcato "Lerebours? A Paris"; Francia sec XVIII - lunghezza delle braccia dal centro mm 166, larghezza mm 15. Entrambe le facce portano incise varie scale - Ex collezione Carlo Viganò.

Si sa che lo stesso Galileo Galilei (1564-1642), specialmente nel periodo in cui fu professore all'Università di Padova, produsse e vendette diversi strumenti e apparecchiature scientifiche: il

più celebre esempio è costituito dal cannocchiale. Ma già alla fine del '500 lo scienziato pisano era stato in grado di perfezionare il compasso di proporzione (denominato in inglese "sector"), ideato da poco appunto in Inghilterra e usato da naviganti, topografi e disegnatori. A Padova nel 1606 il Galilei fece comparire la sua prima opera a stampa dedicata proprio a spiegare "Le operazioni del compasso geometrico e militare".

Questo manualetto galileiano è deputato infatti ad illustrare, con esempi pratici, come usare il 'compasso' nei vari tipi di computo cui poteva essere adibito, facendo ricorso a diverse 'linee' o scale, di cui peraltro nulla si dice circa la maniera seguita nel tracciarle, forse allo scopo di tutelare la sua ideazione da troppo facili plaghi.

Il principio matematico su cui si basa il funzionamento del compasso galileiano è quello della similitudine dei triangoli, cioè la proporzionalità che sussiste fra i lati omologhi dei triangoli simili. Il suo funzionamento richiede l'uso di un semplice compasso a due punte, che serve per valutare e trasferire le distanze

(39) [Cat 69] **Compasso di proporzione** in ottone **ad uso militare**, marcato "Bate London" – Inghilterra, sec. XVIII. I due bracci incernierati, sagomati verso l'interno e terminanti con una punta d'acciaio, portano incise sulle facce varie scale. Lo snodo di forma circolare è anch'esso graduato da varie scale. Lunghezza dei bracci dalla cerniera mm 152, diametro dello snodo mm 45. Ex collezione Carlo Viganò.

Come si sa, la pratica militare offrì sempre molti stimoli alla ricerca tecnico-scientifica. Questo genere di strumenti veniva usato dagli ufficiali di artiglieria per misurare il calibro dei cannoni e il diametro dei proiettili; per questa ragione sono in ferro le punte delle aste in ottone dello strumento.

(40) [Cat 46] **Compasso** in bronzo fuso, traforato ed inciso, **ad uso topografico**, Italia, seconda metà sec. XVI, lunghezza strumento mm 210, larghezza mm 45 - Le due aste, traforate da finestrelle sagomate e con punte terminali sagomate, portano ognuna due traguardi fissi e sono tra loro articolate in uno snodo circolare con indice sagomato, scala goniometrica circolare da 0° - 90° - 0° con numerazione ogni 10, e quadrato delle ombre diviso in due settori "Umbra recta" e "Umbra versa". I due fori filettati al centro dei bracci indicano che lo strumento era dotato di un cursore (?), oggi perduto.

N – Angolometri e astucci per agrimensore: nn. 41 - 43

(41) [Cat 96] **Strumento** in ottone ad uso militare, **per determinare l'alzo delle bocche di fuoco**. Lo strumento dalla forma di un trapezio con due lati ortogonali portanti agli estremi delle mire a traguardo e segnati da una freccia che indica la direzione del colpo ("DIRECTION DU BUT") sottendono un arco di cerchio graduato in gradi e mezzi gradi da 0° a 48° su una faccia e da 45° a 93° sull'altra. Un'alidada di sezione circolare e portante al centro una bolla torica è incernierata al centro dell'arco di cerchio e sul lato opposto porta un indice con nonio scorrevole sulle scale graduate. Lo strumento sul lato diagonale è segnato "NIVEAU DE POINTAGE" e sulla base datato "1875" – Francia sec. XIX – Misure lati mm 132 e mm 118, raggio arco di cerchio mm 112.

(42) [Cat 95] **Angolometro** in ottone e vetro, marcato “W & J.GEORGE L^T / LONDON & B’HAM / ENGLAND” e ”MURRAY’S PATENT ANGLE METER“ “SOLE MAKERS” - Lo strumento è costituito da un quarto di cerchio con il lato curvo graduato da 20° a 180° portante uno specchio con linea mediana verticale in corrispondenza del vertice sul quale è imperniata un’alidada con nonio e traguardo con foro. Raggio strumento mm 82, lati mm 101 – Lo strumento è completato da astuccio con coperchio incernierato in legno rivestito in similpelle nera, all’interno velluto e raso blu. Allegato foglio di istruzioni - Inghilterra, inizi sec. XX.

(43) [Cat 55] **Astuccio** verticale con coperchio incernierato, in metallo rivestito in similpelle nera, altezza mm 130, contenente 9 pezzi in lega d’argento ed acciaio: goniometro, compasso di proporzione con varie scale e con scala goniometrica estraibile per l’uso di archipendolo, squadra pieghevole con varie scale tutti marcati “Macquart á Paris”, piccolo compasso a punte fisse, compasso con punta sostituibile e un ricambio portamina, tirilinee ed un paio di forbicine finemente incise – Francia, sec XVIII.

[O - Q] Rilevamento

Compiere un rilevamento topografico vuol dire anzitutto mettere in evidenza la posizione di certi punti di riferimento, sulla superficie o in depressioni terrestri, e poi effettuare delle misure, lineari o angolari.

Già le antichissime civiltà contavano agrimensori e geometri, che si servivano di corde o di canne (in seguito di catene e del cosiddetto podometro e poi dell'odometro), di grome e di squadre e di fili a piombo; poi venne introdotto l'uso delle livelle (ad acqua o ad alcool, a bolla d'aria), delle bussole a traguardi e delle diottrici, dei clinometri o eclimetri (per misurare il dislivello tra due punti) e dei grafometri, e infine del teodolite.

La determinazione delle misure di luoghi e di corpi è venuta dunque esigendo sempre maggiore precisione.

Il filo a piombo e la livella o bolla torica - come pure l'archipendolo, usato dai muratori, che funzionalmente in un certo senso li unisce ambedue - servono a risolvere rispettivamente problemi di verticalità e di orizzontalità di linee e di corpi

O – Fili a piombo, bolle toriche e squadra agrimensorio: nn. 44 - 46

(44) [Cat 86, 87, 88] **Fili a piombo**

[86] Piombo in ottone ed acciaio, h. mm 55, Ø mm 20 corpo marcato “00”.

[87] Piombo in ottone ed acciaio, h. mm 76, Ø mm 36 completo di rocchetto avvolgifilo in bosso Ø 57. Sec. XIX.

[88] Piombo in avorio, acciaio ed ottone, h. mm 111, Ø mm 42, completo di rocchetto avvolgifilo in ottone inciso Ø 57 – Sec. XIX.

Il filo a piombo, come dice la parola stessa, non è altro che un filo o una cordicella robusta, annodabile ad un supporto, a cui è legato, tramite un pomolo, un peso terminale appuntito

usualmente di piombo, che può comunque risultare composto di altri metalli oppure anche rivestito di ferro, d'acciaio, di rame, d'ottone, di bronzo, d'avorio.

(45) [Cat 120, 116] **Bolle toriche**

[120] Doppia bolla torica, per misurazioni orizzontali e verticali, in legno ed ottone, mm 304 x 12 x h 41. Bolla orizzontale con finestrella sagomata superiore divisa in due parti simmetriche e finestrelle laterali ad oblò, bolla verticale inserita in un oblò passante. Fianchi del corpo in legno graduati in pollici da 0 a 12 (un piede) – Marcata su un fianco “J.RABONE & SONS / MAKERS / BIRMINGHAM - PATENT / n^o 22017 – WARRANTED / CORRECT”; sull'altro fianco “1918 – WARRANT^D BEST BOXWOOD” – Completa di astuccio in cuoio – Sec. XX.

[116] Bolla torica in acciaio a sezione quadrata terminante con pomoli sagomati, dimensione mm 156 x 17 x 17, con finestrella allungata superiore e due oblò laterali per ogni lato. Sec. XX.

La bolla torica o bolla ad aria o livella è uno strumento idoneo a misurare accuratamente un piano realmente tangenziale alla superficie terrestre. Fa parte di quasi tutti gli strumenti topometrici.

Si compone di un tubo di vetro leggermente arcuato e ripieno di alcool tranne un piccolissimo spazio in cui si lascia un po' d'aria, che, essendo più leggera dell'alcool, si terrà sempre nella parte più alta del tubo: si giudicherà che il livello è orizzontale quando la bolla d'aria verrà a collocarsi esattamente nel mezzo del tubo.

Da ciò si capisce che per verificare se un piano è orizzontale basterà collocarvi sopra la livella in due successive posizioni che facciano fra loro un angolo retto.

Combinando parallelamente una livella ad un cannocchiale o telescopio, con l'aggiunta di una bussola, si ottiene la 'livella topografica'.

(46) [Cat 62] **Squadro agrimensorio graduato** a forma cilindrica in ottone **con bussola superiore** e supporto conico per fissaggio sulla palina. Il corpo cilindrico, del diametro mm 77 e dell'altezza complessiva di mm 109, è diviso in due parti; l'inferiore, fissa al supporto, è graduata lungo il bordo di contatto con cilindro superiore dalla scala goniometrica da 0° a 360° e porta una mira; la superiore, portante la bussola, è girevole con vite a cremagliera posta alla base del cilindro inferiore, sul bordo di contatto porta inciso un nonio da 0 a 60 ed è dotato di due mire ortogonali secondo gli assi del Nord–Sud ed Est–Ovest della bussola – Italia, sec XX.

Anticamente quale principale strumento dei topografi dai Romani era stato introdotto l'uso della cosiddetta 'groma': sulla sommità di un paletto venivano collocate due aste incrociate ad angolo retto alle cui quattro estremità pendevano delle corde con attaccati dei pesi; l'allineamento delle coppie di corde offriva delle mire, rigorosamente verticali.

Lo squadra ordinario o agrimensorio è usualmente costituito da un cilindro vuoto, in ottone, di 7 a 9 cm di diametro per 8 a 10 di altezza, tagliato da quattro fessure longitudinali, nel senso della generatrice, dette traguardi, determinate da due diametri rettangolari. Altre quattro fessure intermedie si trovano segnate a uguale distanza dalle prime ed alquanto più corte di queste e formano pure fra loro angolo retto.

Lo squadra viene collocato o sopra un bastone ferrato o sopra un treppiede, di lunghezza circa 1,50 m, posto verticalmente sul suolo in modo che i traguardi longitudinali risultino verticali, la qual cosa si può facilmente verificare con un filo a piombo.

Si ha dunque che se due traguardi corrispondenti sono diretti secondo un dato allineamento, gli altri due ad angolo retto determinano un secondo allineamento perpendicolare al primo; inoltre,

l'allineamento diretto secondo una fessura a quella intermedia farà un angolo semiretto con entrambi gli allineamenti.

Lo squadra costituisce dunque un mezzo esatto per condurre sul terreno delle perpendicolari e delle oblique di 45°.

Ma lo squadra ordinario conobbe un importante perfezionamento nel cosiddetto squadra graduato (detto anche pantometro o goniasmometro o grafometro a squadra), che consente la misura di un angolo qualunque.

Esso è di dimensioni leggermente superiori a quelle dell'ordinario ed è diviso in due parti da un piano perpendicolare al suo asse.

Le due parti cilindriche, poste l'una sull'altra, stanno unite tra loro mediante un perno attorno al quale per mezzo di una vite può girare la parte superiore.

Inoltre un ago calamitato sta sospeso al centro del piano superiore del cilindro, sul quale è segnata una circonferenza graduata, il cui diametro 0° e 180° si può approssimativamente porre nello stesso piano descritto dalla linea di mira, così che lo strumento può anche servire da bussola topografica.

P – Clisimetro e Bussole: nn. 47 - 48

(47) [Cat 44] **Clisimetro** in metallo nero marcato "LA FILOTECNICA / MILANO" - Scala 90° - 0° - 90° su fondo argentato, scala interna dei metri da 0 a 10 e da 10 a 0. alidada con nonio e bolla torica, oculare a cannocchiale. Il corpo porta una bussola con quadrante bloccabile su spillo con rosa dei venti a varie punte col nord indicato da un giglio e le direzioni principali delle lettere "G-L-S-O-L-P-M", all'esterno scala da 0° a 360°. Astuccio costituito da una scatola rettangolare in legno, rivestita all'esterno da carta marrone con coperchio incernierato, ed all'interno da velluto bleu e raso azzurro. All'interno del coperchio la scritta "LA FILOTECNICA / MILANO / ING. A. SALMOIRAGHI & C." e piccolo reparto per una lente con manico. Italia sec XX..

(48) [Cat 74, 78, 127, 80, 79, 75] **Bussole**

[74] Bussola su giunto cardanico con quadrante, con rosa dei venti a 16 punte e scala goniometrica 0° - 90° - 0° - 90° - 0° - 90°, ruotante su spillo - Corpo cilindrico in ottone, altezza mm 30, diametro mm 44, con coperchio. Sec. XX.

[78] Bussola militare in acciaio contenuta in una cassa a forma di orologio da tasca, con coperchio incernierato apribile a scatto ed anello per la catena, marcato all'esterno sul coperchio "U.S.", fondello con inciso "MFR'S PART No / K 1626 - 2"- Quadrante marcato WITTNAUER con rosa dei venti ad otto punte nere e scala circolare goniometrica 0° - 360° con indici ogni 15°. Stati Uniti, sec. XX.

[127] Bussola contenuta in una scatola in legno, con coperchio incernierato a base quadrata mm 75 x 75 x 24, diametro bussola mm 59. Ago a doppia punta con rubino centrale bloccabile con vite zigrinata, scala goniometrica 0° - 360° con l'indice 0° nella direzione N.E., fondo bussola con quadrante indicante le direzioni N-O-S con scala goniometrica 90° - 0° - 90° in quadranti N.O. e S.O. ed indice a losanga in ottone incernierato al centro. Marcata sul fondo bussola "A.FISCH / CONSTRUCTEUR / BRUXELLES"- Belgio, sec. XIX.

[80] Bussola con traguardi e bolle, ad uso topografico. Corpo quadrato ad angoli arrotondati, diametro mm 78, contenente la bussola ad ago con quadrante, inciso sul fondello, con rosa dei venti ad otto punte e scala goniometrica sul piano dell'ago da 0° a 360° con lo 0° nella direzione NE. Sul fondo bussola un nonio girevole mediante una leva sul fondo dello strumento e portante una bolla torica ed una bolla sferica, ruota con riferimento a due scale graduate, entrambe con 0° nella direzione W, l'interna da 90° - 0° - 90° e l'esterna da 100° - 0° - 100°. Sul bordo del corpo dello strumento sono incernierati un traguardo ribaltabile con punta a sua volta ribaltabile dotata di foro di mira nella direzione N mentre nella direzione S è incernierato il coperchio dotato di specchio interno con foro e traguardo verticale. Sulla faccia esterna del coperchio una mira con foro è incernierata nella parte superiore. Il coperchio porta una targa con i valori dei seni naturali da 0° a 45° e la marcatura "STANLEY LONDON" - Inghilterra sec. XX.

[79] Bussola con traguardo, ad uso topografico, in ottone, vetro ed acqua. Corpo cilindrico di diametro mm 56, graduato con gli indici della rosa dei venti lungo il bordo verticale, coperchio incernierato con oblò in vetro e traguardo. Quadrante, con rosa dei venti e scale goniometriche, girevole in bagno d'acqua, oculare con mira a fessura e prisma per lettura scala goniometrica. Sul fondello inciso "T.G.C⁰L^{TD} /LONDON /N⁰ B187697 / 1942 / UK III".

[75] Bussola in ottone in scatola cilindrica di diametro mm 70 su base quadrata in ottone, con lato mm 77, punzonata "I.G.H". Quadrante in ottone inciso con rosa dei venti a otto punte, scala goniometrica in quattro settori graduati 0° - 90° - Metà sec. XIX.

Q – Diottra e bussole: nn. 49 - 51

(49) [Cat 64] **Diottra** in ottone con due pinnule ribaltabili agli estremi con mira a filo e a fessura e bussola al centro. L'asse della mira è orientato con l'asse Nord-Sud della bussola. I bordi del righello di base sono graduati in centimetri, da 0 a 36, ed in pollici, da 0 a 14. Righello di base mm 379 x 49, diametro bussola diametro bussola mm 59. La bussola con ago bloccabile porta alla base in ottone inciso una rosa dei venti a 8 punte. Lo strumento è completo di astuccio con coperchio incernierato ricoperto in carta zigrinata nera mentre l'interno è in velluto viola – Inghilterra, sec XX.

La diottra, che nella Tavola Pretoriana prendeva anche il nome di Alidada a cannocchiale, è uno strumento per segnare sopra un piano orizzontale la traccia di un altro piano perpendicolare al primo.

Essa è composta da una righello di base, che si chiama alidada, e di un cannocchiale che gira attorno ad un asse, che è congiunto alla riga per mezzo di una colonna verticale.

Due traguardi o pinnule servono a dirigere il puntamento dell'asse ottico.

Al perno del cannocchiale è collocato un circolo graduato detto Eclimetro, che serve a misurare, mediante un indice che gira attorno al perno stesso, l'angolo che la linea di mira o visuale condotta a un oggetto forma col piano orizzontale. Quest'angolo si dice di 'elevazione' quando l'oggetto si trova al di sopra del piano orizzontale, di 'depressione' quando si trova al di sotto.

La nostra diottra comprende anche una bussola, funzionante da Declinatore, che serve a orientare approssimativamente la tavoletta collocando l'ago calamitato si trovi precisamente sul diametro 0° e 180°.

(50) [Cat 73] **Bussola** rettangolare in scatola di legno e vetro mm 190 x 112, con quadrante in carta portante una rosa dei venti a 16 punte colorate; scala goniometrica da 90° - 0° - 90° per il settore Ovest – Nord – Est, mentre il settore Sud è graduato da una scala da 20° - 0° - 20°. Sec XIX ?

(51) [Cat 81] **Bussola** con traguardi e bolle **ad uso topografico**. Corpo cilindrico in ottone, diametro mm 110, portante due mire, una a filo e l'altra a fessura, sull'asse N-S. Bussola ad ago bloccabile con quadrante inciso con l'indicazione degli N-S ed E-W e scala goniometrica di 10° in 10°; scala goniometrica al livello dell'ago divisa in quattro settori graduati da 0° a 90°. Coperchio a pressione marcato "E.R.WATTS LONDON / SL. 251". Replica del sec. XX - Sul fondo due bolle toriche ortogonali secondo gli assi principali - Scatola quadrata in legno di teak con inserti in ottone.

La bussola topografica o 'a traguardi' è una bussola magnetica circondata da un cerchio diviso in settori e graduato e dotata di mire fisse.

Lo strumento si fonda sulla proprietà che ha un ago calamitato di dirigersi verso il polo Nord, non però esattamente, ma facendo col locale meridiano terrestre un angolo (di declinazione) che varia in ragione dei tempi e dei luoghi, pur essendo sensibilmente la stessa per luoghi non troppo lontani l'uno dall'altro; ma l'ago calamitato va pure soggetto ad una inclinazione sotto o sopra l'orizzonte secondo i luoghi, che però viene trascurata nelle operazioni topografiche.

L'uso della bussola è fondato sulla semplice considerazione che, qualora si conosca l'angolo che due rette fanno con una terza, si conoscerà pure l'angolo che fanno fra di loro: la retta di paragone è quella segnata proprio dalla direzione di base dell'ago o meridiano magnetico, che è sempre costante.

Siccome essa risulta di fondamentale importanza nel rilevamento topografico delle miniere ne venne fatta una cospicua applicazione nella 'bussola per miniere': a traguardi, montata su un supporto.

Nell'ambito della navigazione, la bussola marina serve a risolvere uno dei problemi principali e precisamente quello di orientare la rotta; il secondo, cioè quello di determinare la posizione geografica della nave (individuando le due coordinate della latitudine e della longitudine), venne risolto sia con l'uso dell'astrolabio nautico e del sestante (latitudine), sia mediante gli orologi meccanici (longitudine).

[R - T] Rappresentazione

Dai rilevamenti topografici si ricava una rappresentazione grafica in un'esatta scala ridotta di una certa area o di un certo oggetto o edificio.

Anche la rappresentazione grafica dei luoghi è molto impegnativa ed esigente; già con la tavoletta pretoriana si può schizzare una rapida pianta durante il rilevamento stesso.

Per effettuare disegni tecnici occorre tracciare linee diritte, parallele o inclinate reciprocamente di un qualche angolo, misurare segmenti, come pure disegnare e dividere circonferenze e cerchi.

La rappresentazione cartografica del cielo e della terra, quella cioè del mondo data nella cosmografia e della terra nella geodesia, corrisponde in effetti a diversi tipi di esigenze e di interessi piuttosto pratici: da quelli politici e militari a quelli civili e patrimoniali, da quelli religiosi e culturali a quelli turistici sino ovviamente a quelli scientifici.

D'altro canto, sognare e fantasticare sulle carte geografiche è sempre stata una delle più diffuse forme di evasione giovanile e di progettazione di esistenze più o meno utopiche.

Nell'antichità anche per il disegno ci si serviva di uno stilo: punta di metallo tenero ottenuta facendo colare del piombo - a cui venne poi in uso di aggiungere stagno o argento - in una forma.

La matita di grafite apparve nel 1565, ma, essendo costituita da materiale proveniente da fonti esauribili, divenne ben presto rara e preziosa; solo alla fine del Settecento fu inventata la polvere di grafite, prima tenuta insieme dallo zolfo e in seguito dall'argilla.

Il tracciato definitivo veniva comunque eseguito con dei tiralinee muniti di una punta di metallo non elastica dotata di una incurvatura per l'inchiostro; una vite regolatrice stabiliva lo spessore del tratto.

R – Compassi di riduzione: nn. 52 - 54

Vi erano diversi tipi di compasso a punte secche: a pinze [è quello ordinario, con aste leggermente intagliate per permetterne l'apertura con una sola mano], per carte marine [munito nella parte superiore di settori a mezzaluna che permettono di aprirlo notevolmente anche con una sola mano], alla tedesca [con le aste leggermente distanziate], da incisione, a grossezza, a tre aste, a ellisse, ecc.).

In particolare, il compasso a verga, destinato a tracciare dei cerchi di grande diametro, consiste in una forte sbarra quadrata di metallo, sulla quale scivolano due punte munite di viti di scorrimento.

Inoltre il compasso di riduzione (denominato in inglese "proportional compass"), costituito da due aste con punte inserite in entrambe le estremità dei bracci, serve a ridurre o ad aumentare una lunghezza o un'area o un volume in un rapporto dato, e può essere semplice, costruito cioè per un solo rapporto fisso, oppure a testa mobile e cioè atto a permettere di scegliere a volontà il rapporto delle lunghezze. L'invenzione di questo strumento è usualmente attribuita all'orologiaio svizzero Jost Bürgi, che l'avrebbe effettuata a fine Cinquecento e che in seguito avrebbe ideato anche un particolare sistema di calcolo logaritmico, collaborando anche con J.Kepler nella realizzazione di diversi strumenti d'osservazione astronomica o di calcolo aritmetico. Ma ora noi sappiamo che a metà Cinquecento il grande matematico urbinato Federico Commandino aveva già fatto costruire un compasso a quattro punte a perno mobile, con il quale era possibile eseguire divisioni di una linea retta in parti proporzionali qualsiasi e pertanto era uno strumento che consentiva di effettuare alcuni calcoli aritmetici di proporzionalità e anche di similitudine tra

figure geometriche piane. Comunque diversi strumenti analoghi vennero realizzati da diversi matematici e tecnici nel corso del Cinquecento.

(52) [Cat agg 2] **Compasso** (altezza: 28,4 cm)

(53) [Cat 60] **Compasso a verga** costituito da un'asta in legno e due cursori in ottone con punte in acciaio posizionabili con fermo a vite dei quali uno con occhietto porta matita – Lunghezza asta mm 405, altezza cursori mm 124.

(54) [Cat 56] **Compasso di riduzione** in ottone brunito e acciaio con scala delle linee e dei cerchi, marcato all'interno 66 (o 99?) – Lunghezza mm 150.

S – Scatola con set di strumenti da disegno: n. 55

Si tratta ora di mostrare gli strumenti da disegno, che si possono trovare radunati in un astuccio, che doveva contenere almeno una riga e una squadra, un portamine, dei tiralinee e dei compassi, come pure dei goniometri.

(55) [Cat. 134] **Scatola in legno per set di compassi ed accessori.** Vassoio superiore set di compassi in metallo nichelato (tot. 14 pezzi): compasso di riduzione, due compassi grandi, uno a punta intercambiabile e uno a punte fisse, due balastrini (manca il terzo a punte fisse), tiralinee con manico in osso tornito e manico in metallo, punte intercambiabili ecc. Scomparto intermedio con due righelli a traslazione parallela, uno in ebano nero e uno in avoriolino, un compasso di proporzione in avorio e un largo righello in avorio (?) con entrambe le facce incise con varie scale. Scomparto inferiore con varie squadrette e righelli in legno. Scatola in legno con coperchio incernierato e chiusura a chiave portante una targa in ottone con inciso il nome “E.J.Norris” - Dimensioni scatola mm 362 x 134 x 98 - Inghilterra, sec. XIX.

T – Astucci portatili con strumenti da disegno: nn. 56 – 57

(56) [Cat. 129] **Astuccio** contenente un piccolo compendio per **grande compasso** di precisione in ottone e acciaio. Compasso con apertura a regolazione micrometrica su un cursore in acciaio a forma di un quarto di cerchio, due punte di ricambio per mina e per china e chiavetta in acciaio di regolazione. Astuccio in legno rivestito di marocchino bordò con coperchio incernierato, interno in velluto e raso viola, dimensioni mm. 220 x 75.

(57) [Cat. 133] **Scatola** in legno per **set di compassi ed accessori.** Vassoio superiore con 21 pezzi in ottone nichelato ed acciaio; compasso di riduzione, due compassi grandi, uno a punta intercambiabile e uno a punte fisse, due compassi piccoli, un balastrino, due cursori per compasso a verga, due tiralinee con manico in osso tornito, una bussola, otto punte intercambiabili per compasso grande e piccolo, ecc.

Scomparto inferiore con due goniometri in plastica trasparente e due larghi righelli in avorio (?) con entrambe le facce incise di varie scale lineari ed angolari; un righello è marcato "ADIE & SON A EDINBURGH", mentre l'altro su una faccia è riportato "T.BRADURN & SON MAKERS BIRM" mentre l'altra faccia "H.BROWN & C° GLASGOW". Scatola in legno di mogano con listellature in ottone con coperchio incernierato e chiusura a chiave. Sul coperchio targa centrale polilobata in ottone con inciso "G.R.H" – Dimensioni scatola mm 275 x 179 x 55 – Inghilterra sec XIX –XX.

[U - Z] *Cannocchiale e Binocolo - Sestanti - Microscopi*

U – Cannocchiale e binocolo: nn. 58 – 59

Nei telescopi o cannocchiali rifrattori tutte le parti ottiche sono costituite da lenti e pertanto la luce, quando entra nel vetro, subisce una rifrazione.

Fondamentalmente, come fece già G.Galilei, i cannocchiali sono costituiti da un 'obiettivo', che è una lente positiva convergente, e da un 'oculare', che è una lente negativa convergente: l'immagine risulta diritta, ma non consentono forti ingrandimenti.

Contrariamente a quanto si può pensare, molte osservazioni di valore scientifico e anche varie scoperte sono state realizzate facendo ricorso al semplice 'binocolo', che comunque può costituire un valido supporto ad un primo approccio all'astronomia.

In commercio esistono attualmente due tipi principali di binocoli. I più semplici e leggeri sono quelli ad un solo tubo (con oculari, prismi e obiettivi allineati), con prismi a tetto. Più impegnativi e pesanti, ma che vengono preferiti per le osservazioni astronomiche, specialmente quando sono capaci di forti ingrandimenti, sono invece quelli con prismi di Porro, nei quali i raggi luminosi compiono una doppia riflessione su prismi.

Naturalmente è importate soprattutto la maniera con cui sono lavorate le lenti e i prismi: un'immagine circolare della pupilla di uscita e l'assenza di aberrazioni cromatiche o di deformazioni geometriche ai bordi costituiscono un ottimo segnale positivo.

(58) [Cat. 128] **Canocchiale** a riflessione, tipo GREGORIANO. Corpo cilindrico in ottone, diametro mm 70, lunghezza mm 430, contenente gli specchi per la riflessione dell'immagine a vista diritta, inclinabile sul supporto fornito di tre piedi snodati. La messa a fuoco avviene tramite una vite senza fine che, posta vicino all'oculare, può azionare lo spostamento longitudinale dello specchio riflettore. Manca il coperchio protettivo dell'oculare mentre è rifatto il coperchio dell'obiettivo – Epoca sec. XVIII.

Il 'riflettore gregoriano' prende nome dallo scozzese James Gregory che a metà Seicento ne realizzò un modello costituito da un primo specchio obiettivo concavo e da un secondo obiettivo pure concavo che, attraverso un forellino applicato nello specchio obiettivo, riflette l'immagine nell'oculare.

Il primo telescopio catottrico o a riflessione pare sia stato fabbricato da Isaac Newton nella terza parte del Seicento: l'osservatore risulta perpendicolare rispetto alla linea di osservazione;

l'obiettivo raccoglie la luce e la riflette su un piccolo specchio piano posto a 45° rispetto all'asse del telescopio. L'oculare si trova quindi ad angolo retto rispetto al tubo e nella parte superiore del telescopio.

A proposito dell'invenzione newtoniana del cannocchiale astronomico è insorta tra gli storici una controversia circa l'attribuzione del primato; in verità, Newton stesso riconobbe d'aver mutuato l'idea da disegni sia dello scozzese James Gregory, al quale risulta intitolato il cosiddetto 'telescopio gregoriano', un riflettore dotato di due tipi diversi di specchi curvi, sia del francese Cassegrain; ma ambedue a loro volta dichiararono d'essersi ispirati a due disegni contenuti in opere di Marin Mersenne, che per parte sua riconosceva d'aver desunto le sue due figure da uno scritto sullo specchio ustori del grande matematico italiano Bonaventura Cavalieri.

Newton ebbe comunque l'idea di costruire un telescopio con specchi parabolici a riflessione, dapprima metallici e poi di vetro, sempre con la speranza (invero illusoria) di evitare il fenomeno dell'aberrazione cromatica tipico delle lenti; nacque così il 'telescopio newtoniano', ancora largamente usato nei piccoli telescopi per dilettanti.

(59) [Cat. Binocolo Konus] Binocolo 8x40 con prismi di Porro e messa a fuoco centrale, della Konus Italia.

Questo binocolo risulta composto essenzialmente da tre parti: (a) obiettivo, un sistema di lenti che serve a formare una prima immagine ingrandita e capovolta sul piano focale del binocolo; (b) una coppia di prismi, collocati nell'area centrale del binocolo allo scopo sia di raddrizzare l'immagine prodotta dall'obiettivo sia di accorciare le dimensioni dello strumento; (c) oculare, con lo scopo di ingrandire l'immagine formata dall'obiettivo e trasmessa dai prismi.

Misure: 8x40, effettua cioè 8 ingrandimenti ed è dotato di un obiettivo di 40 mm di diametro; il loro rapporto inverso, cioè $40 / 8 = 5$, fornisce il diametro della pupilla di uscita, ricordando che la pupilla umana si dilata sino a 6-7 mm.

Campo visivo: $6,5^\circ = 113m / 1000m$, individua l'angolo misurato a partire dal centro del binocolo e pertanto indica lo spazio o la striscia visibile con lo strumento, nel nostro caso di 113m ovvero di $6,5^\circ$ (quindi notevolmente più ridotto rispetto a quello visibile dall'occhio umano), alla distanza di 1000m=1km.

Al giorno d'oggi di fatto non v'è da noi un interesse veramente popolare e diffuso a riconoscere le singole stelle, e del resto non c'è miglior maniera di identificarle se non nell'insieme delle 'costellazioni', cioè di quei raggruppamenti convenzionali in cui le stelle vengono viste: è bello poter riconoscere in cielo le varie costellazioni, perché dà pur sempre un senso di sicurezza, ed è come sentirsi in una dimora familiare o, meglio ancora, in un tempio dalle immense pareti.

Vi sono molti libri che riproducono le costellazioni sulla volta celeste, nelle varie stagioni dell'anno e alle nostre latitudini settentrionali; stelle che tra l'altro appartengono tutte alla nostra galassia o Via Lattea.

Al nostro scopo, oltre che ai libri, si può anche fare ricorso ad uno strumento didattico estremamente semplice da usare, ma ricco di suggestioni.

Ci riferiamo ad un gioco didattico messo in commercio dall'Editrice La Scuola di Brescia, di ideazione inglese e dunque intitolato «Constellation».

L'apparecchiatura necessaria è assai ridotta: quattro piastre o tavolette di plastica, sulle quali si possono inserirsi facilmente dei chiodini luminescenti di quattro differenti misure, a rappresentare altrettanti gradi di luminosità e di magnitudine delle stelle, oltre ad altri segni per indicare pianeti o galassie e soprattutto a diversi chiodini (non luminescenti, che pertanto non si vedono quando si confrontano al buio della notte le configurazioni sulle tavolette con le costellazioni reali) utili ad indicare le linee immaginarie che conformano le tradizionali costellazioni, ma che possono essere modificate ad arbitrio, consentendo di creare personalissime configurazioni celesti.

Un dettagliato manuale, annesso al kit di montaggio, fornisce sia la guida pratica a riprodurre le mappe celesti sia le informazioni di base che introducono adeguatamente alla conoscenza dell'astronomia e dell'astrofisica.

Una volta costruito un quadretto celeste, si può passare a studiare sia la storia dei nomi, dei simboli e dei significati delle varie costellazioni e poi delle loro stelle principali oppure delle galassie cui appartengono o che compaiono entro certe costellazioni.

V – Sestanti e grafometro: nn. 60 – 63

Per la misura degli angoli, sia orizzontali che d'altezza, veniva usato anche l'astrolabio, così come si ricorreva al quadrato geometrico e poi al grafometro e al sestante

(60) [Cat. 42] **Sestante** da tasca in ottone racchiuso in scatola tonda di diametro mm 78 in ottone con coperchio a vite marcato “STANLEY LONDON / 1941”. (Usato prevalentemente per rilevamenti terrestri) completo di custodia in cuoio. Scala da 0° a 140°, alidada con nonio e braccio mobile portante una lente oculare a cannocchiale retrattile dalla scatola, L'alidada è manovrabile tramite una manopola con pignone e cremagliera.

(61) [Cat. 41] **Sestante** in ottone, raggio mmi 65, marcato “ELLIOT BROTHERS / 56 STRAND LONDON. 1917” – completo di astuccio in cuoio. Telaio in ottone, scala su lamina in argento da 0° a 140°, alidada con vite a cremagliera e nonio e braccio mobile con lente. Due filtri per ogni specchio, oculare a cannocchiale.

(62) [Cat. 39] **Sestante** in ottone di raggio cm 18,5 marcato “Thomas Mercer England 1942 N° 1332 – Telaio ottone a tre cerchi, manico in legno, scala incisa su lamina in argento da 5° - 0° - 130° con divisioni ogni 10'”, alidada con vite micrometrica e nonio. Lo strumento reca tre filtri per l'orizzonte e tre per lo specchio mobile (verde, cian, blu), oculare a cannocchiale galileiano regolabile rispetto al piano dello strumento tramite una manopola a vite.

Il sestante è uno strumento a riflessione ottica composto di un settore graduato, pari appunto a un sesto di circonferenza (cioè 60°), che serve a determinare l'altezza di un astro sull'orizzonte o la distanza angolare tra due astri.

Il principio ottico su si fonda la realizzazione dei sestanti è che, dati due specchi paralleli fatti ruotare in modo opportuno e uno riflettente solo per metà della sua superficie (così che l'altra metà consenta di vedere direttamente per trasparenza un oggetto), quando l'occhio riceverà simultaneamente due impressioni di oggetti diversi allora, conoscendo l'angolo che formano tra loro i due specchi (ovvero quello delle loro normali), l'angolo formato dai due oggetti sarà il doppio dell'angolo formato dai due specchi.

Del sestante esiste anche una versione minuscola da tasca o portatile, messa a punto verso la metà del Settecento, che poteva rilevare qualsiasi angolo, sia verticale che orizzontale.

Come si sa, nell'ambito della navigazione, la bussola marina serviva a risolvere il primo dei suoi problemi principali e precisamente quello di orientare la rotta; il secondo ovvero quello di determinare la posizione geografica della nave (mediante l'individuazione delle due coordinate della latitudine e della longitudine) venne parzialmente risolto sia dapprima con l'uso dell'astrolabio marino e poi appunto del sestante (latitudine), mentre gli orologi meccanici consentiranno di risolvere integralmente (longitudine) anche il secondo problema.

Si ricordi che l'osservazione della latitudine geografica è relativamente facile: conoscendo per mezzo di una tavola apposita la declinazione del Sole in un determinato giorno, basta misurare

l'altezza dell'astro (guardandolo indirettamente o mediante riflessioni su sistemi di specchi) al momento della sua culminazione, cioè a mezzogiorno.

La latitudine può essere conosciuta confrontando le ore di un certo punto di riferimento o di partenza con quella del luogo in questione: cosa che si può ottenere ricorrendo appunto ad orologi portatili affidabili.

(63) [Cat 61] LANGLOIS – **Grafometro** in ottone inciso e traforato con bussola a fondo in ottone con incisa la rosa dei venti, firmato sull'alidada fissa “Langlois A Paris aux Galleries du Louvre “- Francia, prima metà del secolo XVIII.

Sul semicerchio di diametro mm 204 lo strumento porta all'esterno la scala goniometrica da 0° a 180°, all'interno la scala con i valori degli angoli complementari da 0° a 180° e al centro la scala semicircolare ticonica per eseguire precise letture.

Agli estremi delle scale sono fissate due pinnule a doppio traguardo posizionate secondo l'asse Nord-Sud della bussola. Altre due pinnule simili sono fissate sull'alidada girevole sul semicerchio graduato per poter determinare la deviazione angolare tra l'oggetto inquadrato ed il punto fisso di riferimento individuato precedentemente con la bussola. La bussola, di diametro mm 56, è supportata al semicerchio tramite volute e girali incise e traforate. Lo strumento è girevole su uno snodo a sfera con superficie esterna sfaccettata e chiavetta a farfalla a stringere avente nella parte inferiore un canotto troncoconico per il fissaggio al treppiede.

Il grafometro fu ideato a fine Cinquecento dal francese Philippe Danfrie modificando precedenti strumenti per la misura degli angoli solamente orizzontali.

Il grafometro è uno strumento destinato a misurare gli angoli che formano le visuali dirette, nello spazio, ad oggetti determinati.

Esso viene perciò compreso tra i goniometri e si compone di un semicerchio, il cui lembo è diviso (come il rapportatore) in gradi e mezzi gradi; è munito di due alidade, una fissa e l'altra mobile, che servono a mirare gli oggetti.

L'intero strumento è sostenuto da un ginocchio che consente di stabilirlo in un piano a piacimento. anche in senso verticale; sopra il prolungamento del ginocchio snodabile vi è un tubo che consente di applicarlo sopra un treppiede.

L'alidada altro non è che una riga che porta alle sue estremità due lame, perpendicolari alla riga stessa, sulla quale esse sono articolate a cerniera. Su queste lame sono praticate due piccole fessure longitudinali strettissime, dette traguardi, lungo le quali si fa passare la linea di mira che si dirige agli oggetti. Due piccole aperture o finestre, l'una dalla metà in su e l'altra dalla metà in giù, nel mezzo delle quali è teso un filo di seta o di crine finissimo, perpendicolare alla riga e in direzione dei traguardi, permettono di poter meglio distinguere i punti di mira.

Delle due alidade di cui è munito il grafometro, una è fissa e collocata lungo il diametro 0° e 180° del semicerchio in modo che la linea fiduciale coincida col diametro stesso; l'altra è mobile ed è connessa allo strumento per mezzo di un perno, posto al centro del semicerchio, attorno al quale essa gira, potendo in tal modo percorrere con le sue estremità tutta la graduazione.

Invece di alidade a traguardi semplici oggi si fa uso di alidade a cannocchiali.

Z – Microscopi: nn. 64 – 66

Il microscopio (termine introdotto ad inizio Seicento da Jean Faber) è uno strumento presente ormai in tutti i laboratori scientifici e serve oltre che per varie scienze e per l'agricoltura e l'industria, anche per l'arte

Il microscopio ottico è uno strumento formato da un sistema di lenti che, attraversate dall'immagine di un oggetto, la ingrandiscono.

Il cosiddetto 'microscopio semplice' è di fatto costituito da una qualunque lente convergente biconvessa che dia un'immagine virtuale, diretta e più grande dell'oggetto stesso.

Il 'microscopio composto' è costituito invece dalla combinazione di due sistemi di lenti convergenti: l'oculare, che è un microscopio semplice, e l'obiettivo. L'obiettivo dev'essere situato in modo che l'oggetto si trovi più in là del fuoco, ma il più vicino possibile ad esso (si ottengono così immagini reali e del maggior ingrandimento possibile); se l'oculare viene collocato in modo che l'immagine reale ottenuta dall'obiettivo sia situata tra il vertice e il fuoco dell'oculare, si otterrà un'immagine virtuale diretta di quella ottenuta dall'obiettivo e più grande di essa. Quanto più grande sarà la curvatura delle lenti e la distanza tra il sistema obiettivo e il sistema oculare (distanza ottica), tanto maggiore sarà l'ingrandimento totale (che si calcola moltiplicando l'ingrandimento dell'obiettivo per quello dell'oculare).

A parte antecedenti nell'uso e nella considerazione matematica delle lenti, padre della microscopia è ritenuto l'olandese Antonio van Leeuwenhoek (1632-1723), che costruì microscopi semplici e fece notevoli osservazioni di carattere anatomico e fisiologico.

Il microscopio composto – la cui invenzione viene usualmente attribuita a Galileo Galilei – se da una parte dava buoni ingrandimenti, produceva però immagini difettose a causa delle aberrazioni cromatiche e sferiche.

Si deve all'ottico londinese John Dollond l'invenzione nel corso del Settecento dell'obiettivo apocromatico sia per i microscopi che per i telescopi consistente in due lenti sovrapposte, una convergente e una divergente, che correggono le aberrazioni.

Ad un ulteriore perfezionamento contribuì l'abate bresciano Bernardino Marzoli (1748-1835) che nel 1808 suggerì e realizzò lenti acromatiche per microscopi mediante cementazione di due differenti tipi di lente, in modo da ottenerne l'esatta centratura

Con il microscopio si possono effettuare sia misurazioni di oggetti (avvalendosi di un oculare micrometrico) sia disegni di oggetti microscopici (magari col supporto di una camera lucida o camera chiara).

(64) [Zammarchi] **Microscopio composto**, ad uso scolastico. Stativo fisso o inclinabile.

(65) [Zammarchi] **Microscopio composto**, ad uso scolastico, con cassetta di custodia. Sullo strumento vi è inciso: C.Reichert, Wien. Nella scatola in legno compare un'etichetta di carta con scritto tra l'altro: Angelo Frescura, ottico, Padova.

(66) [Zammarchi] **Microscopio composto**, ad uso scolastico per esercitazioni degli alunni.

Sullo strumento vi è inciso: STEIN OPTIK; sull'oculare: 1200x [8XW]; sui quattro obiettivi: 5x, 12x, 40x, 80x. Asse ottico inclinabile sino all'orizzontale. Con oculari

intercambiabili e obiettivi disposti a torretta girevole con diversi ingrandimenti. Messa a fuoco a cremagliera. Banco con molle per fermare i vetrini. Lo specchietto, orientabile, reca a tergo una lampadina, che può quindi illuminare il preparato da sotto.

[Extra I - II]
Elioscopio, Teodolite, Globo celeste
Telescopio, Tavolo da disegno, Piano inclinato

[Extra I] – Elioscopio, Teodolite e Globo celeste: nn. 67 – 69

(67) [Museo Zammarchi] **Elioscopio** o microscopio solare per proiezioni

Il microscopio solare per proiezioni, realizzato nel corso del Settecento, è costituito da un tubo fisso, mentre la parte mobile è costituita da uno specchio, che capta la luce del sole

(68) [Cat 66] **Teodolite** in ottone, non marcato. Base triangolare con viti micrometriche per la messa in bolla, disco orizzontale e disco verticale con due finestrelle assistite da lente per la lettura, da bolla torica e da viti di fissaggio e viti micrometriche. Cannocchiale con mire esterne della lunghezza di mm 200, ruotante sull'asse del disco verticale. Altezza strumento mm 376 – Inghilterra, sec. XX fine sec. XIX.

L'idea di combinare in un solo strumento il clinometro verticale e il cerchio intero orizzontale trovò una sua realizzazione nel teodolite, uno strumento estremamente pratico come misuratore di angoli, la cui denominazione bizzarra è dovuta all'inglese Leonard Digges, al quale venne attribuita l'invenzione dello strumento a metà Cinquecento, ma era già noto da tempo avendo forse precedenti arabi nel secolo XI.

Un teodolite è generalmente composto anzitutto, alla base, da alcuni piedini attraversati da una vite, che servono a rendere perfettamente orizzontale lo strumento, controllandone l'orizzontalità mediante una livella che si trova all'estremità superiore dello strumento stesso.

Salendo dai piedini verso l'alto si trovano due dischi concentrici, che però possono essere fatti ruotare indipendentemente l'uno dall'altro: il cerchio superiore riporta un'intera circonferenza, mentre quello inferiore contiene alcuni nonii sopra ciascuno dei quali sta una lente per leggere le graduazioni.

Sul disco superiore poggiano i sostegni dell'asse di rotazione di un cannocchiale (dotato di un micrometro) e di un cerchio graduato o eclimetro.

Per la sua delicata costruzione il teodolite va soggetto a guastarsi facilmente e pertanto deve essere di tanto in tanto pulito per mantenerlo in buono stato

(69) [Dono Editrice La Scuola: 69139 RRX 139] **Globo celeste trasparente** (diam. 40 cm)

Realizzato in materiale acrilico, stampato a colori. Con esso è possibile identificare galassie, costellazioni, stelle fino alla 5^a grandezza e altri corpi celesti. Un modello del Sole ruota indipendentemente lungo un percorso ininterrotto di 360° attorno alla Terra, seguendo l'eclittica.

Il globo è corredato di una “Guida Didattica” che ne illustra l’utilizzo. Un anello mobile graduato funge da orizzonte, delimitando la parte di cielo visibile.

Un globo trasparente (diam. 16 cm) raffigurante la Terra è posto al centro del globo celeste.

Per il principiante è certo assai importante realizzare sin dall'inizio che ogni cosa che si muove nel cielo notturno è molto lontana e per questo sembra fissa sulla cupola del cielo: giova quindi costruire o acquistare un piccolo globo terrestre e fare in modo che esso sia al centro di un globo più grande, al cui interno siano disegnate le stelle e che ruota nella direzione opposta della rotazione della Terra.

[Extra II] – Telescopio, tavoletta da disegno e piano inclinato: nn. 70 - 72

(70) [Museo Zammarchi] **Telescopio rifrattore** astronomico.

Sullo strumento compaiono le seguenti indicazioni: MILO, Model CA-60; D = 60 mm; f = 800 mm; n. 13673; SYW Japan. Puntatore 6x30.

Il telescopio costituisce certamente uno dei principali strumenti astronomici.

Nella sua forma schematica consiste non di due singole lenti ma di due sistemi di lenti (onde correggere certi difetti di aberrazioni) chiamate obiettivo e oculare. L’obiettivo dà sul piano focale un’immagine reale e invertita degli oggetti lontani. Questa stessa immagine collocata fra l’oculare e il suo fuoco si trasforma in un’immagine virtuale ed ampliata.

Tale è il telescopio rifrattore; mentre nel telescopio riflettore l’obiettivo non è una lente ma è uno specchio parabolico che per riflessione concentra i raggi luminosi.

(71) [Biblioteca C.Viganò] **Tavoletta da disegno**

Siccome la varietà e molteplicità dei prodotti tecnici e degli utensili, oltre che artigianali e industriali, divenne sempre più fiorente, venne richiesto un disegno tecnico sempre più preciso e specializzato.

Di conseguenza, divenne fondamentale l’uso del tavolo da disegno.

Un buon tavolo da disegno deve avere una superficie perfettamente piana, che resta tale anche quando la temperatura cambia; deve avere bordi diritti e squadrati e deve essere leggero.

Viene usualmente usata anche una riga a T, della stessa lunghezza del tavolo, per tracciare linee

In genere si usa legno di pino ben stagionato, incastrando e incollando insieme tavole di circa 2 cm di spessore.

Il lato inferiore del tavolo è rinforzato da traverse, messe in modo da impedire che le espansioni e contrazioni sottopongano a tensione le tavole e le articolazioni.

Dei tavoli da disegno usati in passato sono rimasti pochissimi esemplari perché usualmente venivano distrutti, dal momento che il tipo di uso a cui erano un tempo sottoposti li sciupava molto e abbastanza in fretta, rendendoli inutilizzabili.

(72) [Museo Zammarchi] **Piano inclinato**

Come grandezze fisiche spazio e tempo risultano espressamente articolate nelle definizioni di velocità ($v = s/t$) e di accelerazione ($a = s/t^2$).

Se si mantiene costante l’altezza di un piano inclinato, si mantiene costante su tutta la sua lunghezza anche la componente utile del peso P di un corpo. Onde il moto è uniformemente accelerato, ma con accelerazione più piccola di quella secondo l’altezza: e può quindi seguirsi per vari secondi di caduta.

Galileo Galilei (1564-1642) lasciando scorrere una sferetta lucida di bronzo sopra un piano inclinato lungo metri 7,5 (braccia 12) per una scanalatura ricoperta di pergamena levigatissima

poté verificare la II Legge di caduta dei gravi: gli spazi percorsi dall'origine del moto in tempi diversi, sono proporzionati ai quadrati dei tempi impiegati a percorrerli [$s=\frac{1}{2}gt^2$].

Un'importante caratteristica della caduta dei gravi lungo un piano inclinato, messa in luce e dimostrata da G.Galilei, è che il grave acquista cadendo secondo la lunghezza del piano inclinato quella stessa velocità che acquista cadendo verticalmente secondo l'altezza.

Conclusione

La nostra Mostra evidenzia anzitutto che gli strumenti per misurare lo spazio e il tempo sono reciprocamente connessi: come lo sono le relative esperienze archetipiche umane e i più elaborati concetti.

Come abbiamo visto in conclusione presentando il piano inclinato, toccò a G.Galilei mettere in luce la relazione cinematica e dinamica che intercorre tra le misure fisiche dello spazio e del tempo.

Proseguendo oltre quanto la nostra Mostra suggerisce, accenniamo soltanto al fatto che toccò a A.Einstein produrre un'ulteriore straordinaria conquista: che cioè lo 'spazio-tempo' costituisce un'unica grandezza a più dimensioni; a sua volta la meccanica quantistica, coniugandosi laddove è possibile con la relatività einsteiniana, sta configurando nuovi scenari che rendono assai più complessa l'articolazione spazio-temporale della realtà fisica.