

# Macchine di Fisica testimoni della storia della navigazione

Laura Franchini - A.I.F e Associazione Amici di Città della Scienza  
franchinila@libero.it

*Abstract:* The history of navigation can be told with the Scientific historical instruments exposed in the naval museums. The instruments described are collected in three groups: measure instruments, control instruments and the propulsion mechanisms. The most part of them can be found in the “Naples Naval Museum” and in the “Teaching Sea Museum” of Bagnoli.

*Keywords:* Historical physics instruments, naval museums, navigation history.

## 1. Introduzione

I musei del mare, numerosi in tutto il mondo, sono conosciuti principalmente per essere la raccolta di oggetti evocativi della vita marinairesca come modelli di navi, brigantini d'importanza storica, esposizioni di nodi, cimeli, dipinti, diorami e carte nautiche. Accanto a questi oggetti si trovano esposte anche macchine di fisica, che sono legate alla vita di una nave e alla storia della navigazione. Saranno illustrate alcune di esse tra le più caratteristiche. Per dare un filo conduttore alla descrizione gli apparecchi sono stati raggruppati a seconda della loro funzione sulla nave, distinguendoli in:

1. ‘strumenti di misura’, come l’astrolabio, la balestriglia, il sestante, e la bussola;
2. ‘strumenti di controllo’, come igrometri, termometri, salinometri, pluviometri, scandagli, e telegrafi delle macchine;
3. ‘meccanismi della propulsione’, cioè leve, ingranaggi, caldaie, turbine ed eliche.

## 2. Strumenti di misura

Gli strumenti illustrati in questa sezione permettevano di eseguire i calcoli necessari all'individuazione della posizione della nave sulle carte nautiche, in modo da trovare le rotte più convenienti.

Con l'‘astrolabio’ in Fig. 1, noto in Grecia fin dal II secolo a.C. e perfezionato dagli arabi, si potevano eseguire più di 100 calcoli astronomici. Le parti principali

dell'astrolabio sono la madre, la lamina, la rete, il regolo o puntatore e l'alidada. La 'madre', struttura portante dello strumento, è un disco di metallo di forma circolare, la cui parte frontale è scavata in modo tale da poter alloggiare le lamine, diverse a seconda della latitudine del luogo, su ciascuna delle quali è incisa la proiezione stereografica della sfera celeste. La 'rete' ruotando sulla 'lamina' permette, attraverso le sue punte o fiamme che rappresentano le posizioni delle stelle fisse, di ottenere una sorta di mappa astrale.

Sul 'dorso' della madre si trova incisa una scala goniometrica periferica divisa in 24 parti come le ore del giorno ed altre scale che danno informazioni sulla posizione del sole, sul calendario e sulle costellazioni. L' 'alidada' a cavallo del dorso è un regolo imperniato sul centro e libero di ruotare, che porta alle estremità due pinnule con fori, usati come puntatori per fare misurazioni sia di distanze astronomiche che terrestri.

Su alcune navi, dal XV al XVIII secolo, si adoperava l' 'astrolabio nautico' composto da uno spesso cerchio metallico sul quale erano incise due scale diametralmente opposte; un' alidada munita di due traguardi permetteva di osservare gli astri e determinarne le altezze, mentre un anello girevole consentiva di tenerlo sospeso e il suo notevole peso (5-6 kg) ne assicurava la stabilità anche in presenza di vento. Per impiegarlo occorrevano tre operatori: uno sosteneva lo strumento, uno riguardava l'astro ed il terzo procedeva alla lettura. Questa procedura consentiva di ottenere una maggior precisione nella misura delle altezze. Con l' 'astrolabio nautico' partirono per le loro imprese Cristoforo Colombo, Vasco De Gama e Magellano.



**Fig. 1.** Balestriglia ed astrolabio (Copenaghen Orlogmuseum)

Nel corso del XVI secolo entrò in uso la 'Balestriglia' (Fig. 1), che per la sua semplicità soppiantò l'astrolabio. Questo strumento per misurare gli angoli, introdotto in Spagna dalla mariniera turca, era costituito da un bastone lungo circa 70 cm suddiviso in parti dette 'case' a cavallo del quale si montavano a croce 3 o 4 regoli corti intercambiabili: puntando un oggetto e riguardandolo con i regoli se ne misuravano le dimensioni.

Il 'sestante', in uso dal secolo XVIII, permetterà di fare misure dell'altezza del sole rispetto all'orizzonte, in modo da evitare gli errori causati dal movimento della nave. Un sestante è costituito da un semicerchio graduato sul quale ruota un alidada solidale ad uno specchio mobile. Il cannocchiale mira lo specchio fisso semitrasparente, che fornisce simultaneamente l'immagine dell'orizzonte e quella del sole. La doppia riflessione permette di leggere sulla scala il doppio dell'angolo di elevazione del sole o

di una stella sull'orizzonte. Infatti anche se il sestante misura angoli tra 0 e 60°, come dice il nome, la sua scala è graduata in maniera doppia in modo da poter leggere direttamente il doppio dell'angolo tra i due specchi. Tavole nautiche permettono poi di ricavare la latitudine a cui si trova la nave. Fin dai primi decenni del secolo XVIII, grazie ai cronografi marini come quelli che aveva costruito l'orologiaio John Harrison, cominciò ad essere possibile la determinazione in alto mare anche della longitudine.

Data l'importanza del suo ruolo nella navigazione, la 'bussola' è uno strumento principe nei musei del mare, che ne espongono svariati modelli. Non è di questi che ci occuperemo, ma di una particolare custodia delle bussole sulle navi, che doveva proteggerle dalle vibrazioni e dai campi magnetici creati dai metalli dello scafo, cioè la 'chiesuola' (Fig. 2): una colonna di legno nella quale viene alloggiato lo strumento, mantenuto da un giunto cardanico che, grazie anche ad un sistema di molle permetteva di compensare le oscillazioni.



**Fig. 2** Chiesuola di bussola (“Museo Navale dell’Università Parthenope”)

Le due sfere di ferro una verde e l'altra rossa che si vedono ai lati della cupola della chiesuola, fissate con sostegni di ottone, un materiale amagnetico, servivano a correggere le deviazioni causate dal campo magnetico stesso della nave.

### 3. Strumenti di controllo

Le realizzazioni moderne del 'salinometro' poco hanno a che vedere con lo strumento ottocentesco in Fig. 3, che permetteva di controllare le variazioni della salinità dell'acqua, garantendo così il buon funzionamento delle caldaie.



**Fig. 3** Salinometro e telegrafo delle macchine (“Museo del mare di Bagnoli”)

L'Indicatore di Watt e salinometro, dei costruttori "FRIEAKE & SONS, Late A.P.HOW Patent Salinometer-LONDON", come si legge sulla targa (Fig. 3), ha due scale di lettura una per la temperatura, espressa in gradi Fahrenheit THEMOMETER (160...210) l'altra per le corrispondenti variazioni volume IDROMETER: probabilmente si riempiva il cilindro di acqua bollente (circa 210F°) poi la si lasciava raffreddare (BLOW OFF) fino a 160F° (circa 70C°) e si misuravano i corrispondenti pesi specifici: la salinità si ricavava grazie a tabelle di riferimento.

Il 'Telegrafo di macchine' (Fig. 3) per decenni è stato l'unico sistema di comunicazione tra il ponte di comando e la sala macchine. Oggi ovviamente tale mezzo è stato superato dalle nuove tecnologie. È costituito da una colonna verticale sormontata da una leva e da un quadro comandi suddiviso in settori circolari da un indicatore. A ciascun settore evidenziato dall'indicatore corrisponde un comando: 'STOP' (macchine ferme), 'PRONTI' (macchine pronte a muovere), 'FINITO' (finito in macchina), 'ADAGIO' (avanti/indietro adagio), 'MEZZA' (avanti/indietro mezza forza). Ad ogni comando corrisponde una diversa potenza erogata dall'apparato propulsivo. Il telegrafo di macchina è posizionato sia sul ponte di comando che in sala macchine (sala propulsione); la posizione indica lo stato attuale della propulsione. Quando dal ponte di comando la leva viene spostata per ordine dell'ufficiale di guardia, si sposta anche l'indicatore in sala macchine segnalando la richiesta di diversa andatura. Lo spostamento della leva in sala macchine nella posizione corrispondente a quella indicata dalla plancia è segnale di conferma dell'ordine ricevuto. Attualmente il telegrafo di macchina rappresenta solo uno dei possibili modi mediante i quali, attraverso l'automazione, si può controllare l'andatura di una nave.

#### 4. I meccanismi della propulsione

Nel museo del mare di Bagnoli una sala è dedicata agli strumenti di Meccanica. Tra essi un ruolo principale giocano le 'Leve', che da più di 2.000 anni sostengono il lavoro dell'uomo. Il piano inclinato usato per facilitare il sollevamento dei carichi pesanti, è di grande aiuto sulle navi durante tutte le operazioni di carico e scarico di merci ed altro. L'Asse della ruota o verricello, è una leva costituita da due cilindri coassiali girevoli grazie ad una manovella intorno ad un asse, permette di sollevare grandi pesi con piccoli sforzi è perciò molto utile sulle navi per sollevare ad esempio ancore, scialuppe, vele o alberi. Altrettanto importanti nelle macchine sono i diversi tipi d'ingranaggio come le cremagliere e le ruote dentate che servono a trasmettere il movimento di rotazione dal motore alle eliche. Questi meccanismi erano già ben noti agli antichi, grandi ingegneri navali e costruttori di sofisticate macchine da guerra, come Erone di Alessandria ed Archimede. Tra gl'ingranaggi particolare interesse ha l'Ingranaggio snodato o giunto cardanico (Fig. 4) la cui invenzione molto antica risale almeno al III secolo a.C., quando Filone di Bisanzio, nella *Belopoietica* lo descrive chiaramente (*karkesion*) e già a partire dal IV secolo a.C., era utilizzato per puntare le catapulte. Il giunto fu riscoperto nel 1545, dall'opera *De subtilitate rerum* del matematico italiano Gerolamo Cardano (1501-1576), che sembra lo avesse elaborato studiando i movimenti

di una bussola per la navigazione marittima, fissata su due cerchi articolati. Sulla nave il giunto permette di trasmettere il moto alternativo dei pistoni all'elica.



**Fig. 4.** Snodo cardanico (“Museo del Mare di Bagnoli”)

Nel “Museo di Bagnoli” si possono vedere modelli di macchine che testimoniano l'evoluzione della tecnologia dei motori, che trasformò la propulsione della nave da quella della vela a quella del motore. La ‘Pentola di Papin’ (Fig. 4) è il più semplice esempio di macchina a vapore, anche se quella più antica che l'uomo ricordi è l'eolipila di Erone di Alessandria (III secolo a.C.). Circa un millennio dopo, nel primo decennio del XVIII secolo, Denis Papin, l'inventore della pentola pressione, per la prima volta utilizzò una macchina a vapore come propulsore di una nave. Si racconta che tale innovazione fu boicottata dai battellieri, i quali, intuendo che essa avrebbe potuto mettere a rischio il loro lavoro, incendiarono il primo rudimentale piroscampo.



**Fig. 5.** La sala macchine con la pentola Papin

La ‘Macchina di Papin’ era costituita da un cilindro chiuso nella parte inferiore (caldaia) e comunicante con l'esterno tramite un tubo di sfiamamento (cilindro) nel quale scorreva un pistone. Quando la piccola quantità d'acqua contenuta nella caldaia veniva portata ad ebollizione, il pistone era spinto dal vapor acqueo fino in cima al tubo, dove si fermava contro un dente di arresto. Il raffreddamento del cilindro, produceva la condensazione del vapore e la produzione di un vuoto parziale sotto il pistone. La pressione atmosferica costringeva il pistone ad una rapida discesa. Il dispositivo dunque svolgeva la triplice funzione di caldaia, cilindro del motore e condensatore. Nella ‘macchina alternativa’ (Fig. 5a sinistra), chiamata così per il suo sfruttare il moto di va e vieni del pistone, queste tre funzioni saranno separate. L'inerzia del pesante volano permetterà di superare i punti morti del cilindro e produrre il moto continuo dello stantuffo. Questo movimento, prodotto dal vapore proveniente dalla caldaia (a destra Fig. 5), è trasmesso tramite l'‘albero motore’ alle eliche. Il vapore prodotto, dopo essere

stato utilizzato, può essere scaricato direttamente all'esterno oppure in un 'condensatore', per poi essere riutilizzato.

In seguito la macchina alternativa a vapore fu sostituita dalla 'turbina a vapore',<sup>1</sup> che consentiva rendimenti maggiori, grazie al sistema di convogliare un forte getto di vapore direttamente su palettature mobili, che si mettevano in rotazione. Le turbine (Fig. 6) più piccole, più leggere ed economiche delle macchine a vapore alternative di pari potenza, avevano il vantaggio di produrre direttamente un moto rotatorio, senza richiedere l'uso di alberi a gomiti o altri meccanismi per la trasformazione del moto rettilineo alternativo. Già gli antichi Greci avevano progettato ruote idrauliche mosse da getti d'aria, ed è nota l'incisione seicentesca di Giovanni Branca, che raffigura una ruota a pale messa in moto da un soffio di vapore. Le turbine a vapore sono usate ancora oggi negli impianti industriali e in alcune navi.



**Fig. 6.** Spaccato di turbina ("Museo del mare di Bagnoli")

Dopo l'avvento dei motori, l'elica si rivelò il propulsore più vantaggioso, perché poco sensibile alle differenze di immersione, come lo era invece la vecchia ruota, ed inoltre si poteva collocare a poppa in modo da essere protetta dal mare mosso e dagli urti. L'elica doveva essere un organo intermediario, che avrebbe trasformato il lavoro prodotto dal moto rotatorio dell'albero motore in variazione della quantità di moto del fluido, che per il principio di azione e reazione generava la propulsione dello scafo.

La storia dell'invenzione dell'elica è complessa: tra i suoi primi ideatori ci sono Archimede, che aveva inventato la famosa vite, e Leonardo che aveva proposto di montare un tipo di elica, come quelle che disegnava per le sue macchine volanti anche sulle navi. Durante i primi trent'anni secolo XIX furono progettate eliche delle forme più svariate da quelle a pale ad altre a vite, ma all'ingegnere austriaco Giuseppe Ressel si deve la sua messa in opera. Uno dei primi modelli di elica, che egli aveva disegnato nel 1812, era con un'unica pala che riproduceva il contorno di una superficie elicoidale, e ricorda poco le pale delle eliche attuali. Ressel nel 1826 chiese il brevetto austriaco per la sua elica e lo ottenne nel 1827. Grazie al brevetto l'ingegnere riuscì nel 1828 a stipulare un contratto per la costruzione di un vaporetto ad elica, che si sarebbe chiamato Civetta ed che avrebbe collegato Monfalcone con l'Istria. Purtroppo qualcosa andò storto, nel 1829, proprio nella prima uscita della nave davanti alla commissione governativa: l'esplosione di un tubo della caldaia impedì la prosecuzione dell'esperimento. Ma ormai l'invenzione era nota ed altri avevano cominciato a sperimentare l'uso delle eliche sulle navi. Nel 1849 una gara di 'tiro alla fune' tra due navi di uguale potenza, ma una a ruota ed l'altra ad elica, dimostrò definitivamente la

<sup>1</sup> Il nome deriva dal fatto che fu utilizzata per la prima volta da Parsons nel 1894, sul cacciatorpediniere Turbinia famoso per la sua velocità.

convenienza dell'elica per le applicazioni navali. Nel “Museo Tecnico dell'Industria” di Vienna sono oggi conservati i disegni di Ressel acclusi alla sua richiesta di brevetto, in cui viene indicato che “l'elica andava sistemata a poppa completamente sommersa, l'albero motore tenuto in posizione orizzontale con possibilità di utilizzare due eliche, la grandezza dell'elica andava commisurata alla forza della macchina e alla grandezza della nave”. [L'elica navale]

Risultati eccezionalmente visionari per un'epoca nella quale era ancora sconosciuto il fenomeno della ‘cavitazione’, che può danneggiare le eliche e rallentare la nave. La “Österreichische Nationalbank” ha ricordato Giuseppe Ressel, emettendo nel 1905 una banconota di 500 scellini recante il suo ritratto e il disegno del “Civetta”. [Sala Ressel]

### **Bibliografia**

- Franchini L. (2010). *Strumenti antichi e storia della scienza in alcune realtà museali napoletane*, in Mantovani R. (a cura di), *Atti del XXX Congresso Nazionale della Società Italiana di Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Urbino 30 giugno-3 luglio 2010). Urbino: Argalia Editore, pp. 383-388.
- Riccio A. (a cura di) (2009). *Musei del mare, acquari e collezioni per la conservazione e valorizzazione del patrimonio marino in Campania*. Napoli: Regione Campania.
- Russo L. (2001). *La rivoluzione dimenticata*. Milano: Feltrinelli.
- Scamardella A. (2010). *Museo Navale dell'Università degli Studi di Napoli Parthenope*. Napoli: Rogiosi editore.

### **Sitografia**

- [L'elica navale]. URL: <<http://www.cherini.eu/cherini/eliche/elica.html>> [data di accesso: 1/05/2016].
- [Sala Ressel]. URL: <<http://www.museodelmaretrieste.it/?s=ressel>> [data di accesso: 1/05/2016].