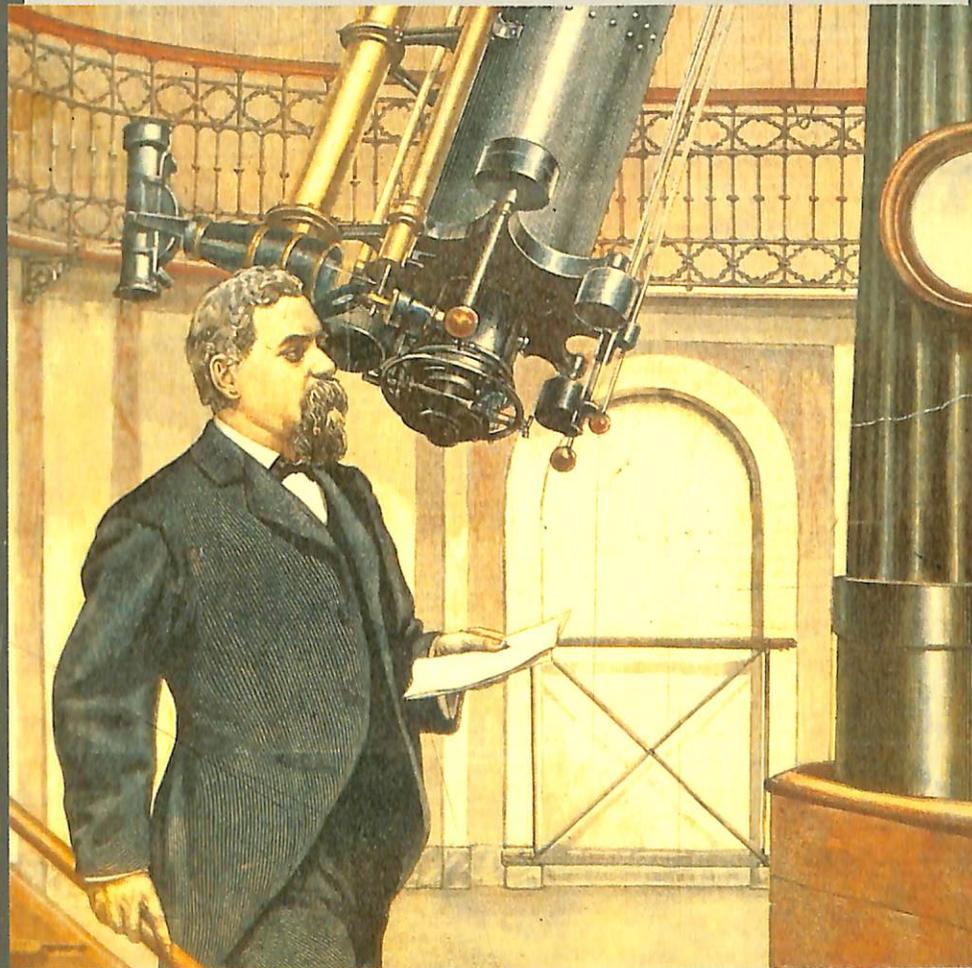


ISTITUTO DI FISICA GENERALE APPLICATA
Storia della Fisica

E. Miotto, G. Tagliaferri, P. Tucci

**LA STRUMENTAZIONE NELLA STORIA
DELL' OSSERVATORIO ASTRONOMICO DI BRERA**



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MILANO

EDIZIONI  UNICOPLI

La strumentazione nella storia dell'Osservatorio astronomico di Brera

E. Miotto, G. Tagliaferri, P. Tucci

La stesura del testo è stata curata da

Enrico Miotto

Collaboratore scientifico dell'Istituto di Fisica Generale Applicata

Guido Tagliaferri

Professore ordinario di Storia della Fisica, Università degli Studi di Milano

Pasquale Tucci

Professore associato di Fisica, Università degli Studi di Milano

Il lavoro di documentazione sulla strumentazione dell'Osservatorio è stato eseguito da E. Miotto.

Si ringraziano per la collaborazione:

Pietro Broglia, *astronomo associato, Osservatorio astronomico di Brera-Merate*

Paola Locatelli, *collaboratrice dell'Istituto di Fisica Generale Applicata*

Agnese Mandrino, *archivista*

Nello Paolucci, *collaboratore dell'Istituto di Fisica Generale Applicata*

Aldo Radrizzani, *collaboratore dell'Istituto di Fisica Generale Applicata*

Salvatore Sutura, *conservatore del Museo della Scienza e della Tecnica "L. da Vinci"*

e inoltre il prof. Renato Valota che per primo ha fornito una documentazione sullo stato del patrimonio storico dell'Osservatorio.

I lavori di riordino, inventariazione, documentazione storica, restauro degli strumenti sono stati finanziati dal Ministero della Pubblica Istruzione (sul fondo per la ricerca scientifica) e dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (sul fondo del Progetto per la catalogazione e la valorizzazione del patrimonio storico-scientifico italiano).

La collaborazione tra Università degli Studi e Osservatorio astronomico che ha reso possibile questo lavoro, iniziata nel 1983 con l'accordo tra l'allora rettore Giuseppe Schiavinato e l'allora direttore dell'Osservatorio Aldo Kranjc, è proseguita da parte dell'attuale rettore Paolo Mantegazza e dell'attuale direttore dell'Osservatorio Guido Chincarini.

Il materiale di archivio e gli strumenti sono in possesso dell'Osservatorio di Brera-Merate. La Sezione di Storia della Fisica dell'Istituto di Fisica Generale Applicata dell'Università di Milano ha la responsabilità dell'ordinamento, inventariazione e valorizzazione del materiale storico. Un particolare ringraziamento va al Prof. Chincarini per la simpatia che ha dimostrato nei riguardi della nostra iniziativa.

Il presente volume è stato stampato grazie a contributi dell'Università degli Studi di Milano e del Consiglio Nazionale delle Ricerche.

Le foto alle pagg.: 44, 45, 46, 49, 59, 63, 79, 81, 86 sono di Michele Amico; le foto alle pagg.: 52, 57, 61, 70, 71, 72, 83, 85 sono di Sergio Cantù (Osservatorio

astronomico di Brera-Merate); le foto alle pagg.: 25, 31, 47, 48, 50, 53, 55, 56, 58, 60, 62, 75, 77, 90, 91 sono di Gianni Cigolini e pubblicate in "Da Brera a Marte", De Agostini, Novara 1983; le foto alle pagg.: 13 (1a e 1b), 36, 38, 40, 42, 43, 64, 73, 93, 109 sono di Giancarlo Costa.

In copertina è stata riprodotta una stampa custodita nella Civica Raccolta Stampe A. Bertarelli - Milano. Lo strumento rappresentato è il rifrattore Merz-Repsold.

Proprietà letteraria originaria dell'Università degli Studi di Milano.

Progetto grafico interni ed esterni di Silvia Bettinetti.

Prima edizione dicembre 1989

Copyright © by E.S.U., S.p.A., via Verona 9, 20135 Milano.

È vietata la riproduzione, anche parziale, ad uso interno o didattico, con qualsiasi mezzo effettuata, non autorizzata.

ISBN 88-400-0193-X

Milano possiede un cospicuo patrimonio di beni culturali storico-scientifici, ma buona parte di tale patrimonio è ignoto, o comunque non classificato; corre pertanto pericolo di dispersione, alienazione, distruzione.

Il presente volume, opera di docenti e collaboratori dell'Istituto di Fisica Generale Applicata dell'Università di Milano, segue altre pubblicazioni dello stesso Istituto dedicate alla storia dell'Osservatorio Astronomico di Brera, e alla classificazione del materiale archivistico che vi è conservato. Esso illustra gli strumenti antichi dell'Osservatorio, e già per il fatto di catalogarli contribuisce concretamente alla loro salvaguardia mentre, con l'analisi storico-scientifica, ne favorisce la conoscenza e la valorizzazione culturale.

L'Università di Milano è lieta di poter offrire al pubblico questa documentata illustrazione di reperti scientifici esistenti in città, e si propone di promuovere in futuro altre azioni intese a conservare la memoria di un passato ricco di testimonianze della partecipazione locale ai processi di acquisizione della conoscenza scientifica.

Paolo Mantegazza
*Rettore dell'Università
degli Studi di Milano*

Indice

Premessa	pag.	9		
Cap. 1. Dal 1762 al 1817	"	11		
Cap. 2. Dal 1817 al 1860	"	21		
Cap. 3. Dal 1860 ad oggi	"	25		
Strumentazione				
1. Sestante mobile	"	36		
2. Quadrante murale	"	38		
3. Settore equatoriale	"	40		
4. Strumento dei passaggi	"	42		
5. Quadrante mobile	"	43		
6. Telescopio rifrattore	"	44		
7. Telescopio rifrattore	"	46		
8. Macchina parallattica	"	47		
9. Quadrante portatile	"	48		
10. Aste per la misura di basi geodetiche	"	49		
11. Quadrante murale	"	50		
12. Dinametro di Ramsden	"	52		
13. Circolo moltiplicatore	"	53		
14. Teodolite ripetitore	"	55		
15. Circolo moltiplicatore	"	56		
16. Inclinometro	"	57		
17. Declinometro	"	58		
18. Macchina parallattica	"	60		
19. Orologio a pendolo	"	61		
20. Orologio a pendolo	"	62		
21. Orologio a pendolo	"	63		
22. Telescopio rifrattore	"	64		
23. Micrometro filare	"	66		
24. Telescopio rifrattore	"	67		
25. Micrometro filare	"	70		
26. Micrometro filare	"	71		
27. Spettroscopio	"	72		
28. Barometro	"	73		
29. Barometro	"	74		
30. Barometro	"	74		
31. Barometrografo	"	75		
32. Strumento dei passaggi	"	77		
33. Strumento dei passaggi	"	79		
34. Circolo meridiano	"	81		
35. Cronografo registratore	"	83		
36. Cronografo registratore	"	84		
			37. Cronografo registratore	" 84
			38. Cronografo registratore	" 85
			39. Cronografo registratore	" 85
			40. Teodolite	" 86
			41. Telescopio riflettore	" 87
			42. Spettrografo	" 89
			43. Globo terrestre	" 90
			44. Globo celeste	" 91
			45. Globo celeste	" 92
			46. Sfera armillare	" 93
			47. Globo terrestre	" 94
			Appendice 1. Quadranti murali	" 95
			Appendice 2. I quadranti e i sestanti mobili: l'utilità dell'inversione	" 98
			Appendice 3. Dal quarto di cerchio al cerchio intero	" 99
			Appendice 4. Strumenti dei passaggi e cerchi meridiani	" 100
			Appendice 5. Il metodo della ripetizione (o moltiplicazione) degli angoli	" 104
			Appendice 6. Le misure con il pendolo semplice	" 107
			Appendice 7. Il modello in legno dell'osservatorio	" 109
			Note sui costruttori	" 110
			Bibliografia	" 114

Premessa

Negli ultimi cinque anni qualcosa è cambiato nella storia dell'Osservatorio astronomico di Brera-Merate: è stata evitata la sua scomparsa da Milano — mentre rischiava di essere risucchiato dalle altre istituzioni che affollano il Palazzo di Brera — così come è stato evitato il compattamento delle sue attività a Merate. Il che avrebbe comportato per il suo ricco patrimonio storico l'ennesimo perniciosissimo trasferimento.

Così Milano continua ad ospitare nelle sue mura il suo primo istituto di ricerca scientifica, sorto nel 1764 e tuttora in funzione: raro caso di continuità operativa, nella stessa sede, attraverso più di due secoli di vicissitudini politico-amministrative. La salvaguardia della sede storica dell'Osservatorio è stata accompagnata dalla valorizzazione del suo patrimonio storico, costituito da strumenti, materiali di archivio, biblioteca, cupole di osservazione. Il programma di valorizzazione, elaborato nel 1983, prevedeva che nella sede di Brera il patrimonio storico dell'Osservatorio, una volta ricostituito fosse esposto al pubblico, al fine di dare un'idea del funzionamento e dell'atmosfera di un istituto di ricerca scientifica nel campo astronomico. E prevedeva inoltre la compilazione di cataloghi e inventari utilizzabili dagli studiosi nella ricerca storica in astronomia e nelle discipline ad essa connesse.

Questo programma è stato ormai (1989) praticamente espletato, grazie a contributi in denaro e in servizi dell'Università di Milano, della Cassa di Risparmio delle Province Lombarde e della FIAR S.P.A. di Milano.

Nella Galleria dell'Osservatorio è stata allestita una mostra permanente di strumenti e di materiale di archivio. È stata restaurata la torre girevole di osservazione, nella quale era montato il telescopio "Merz" da 22 cm di apertura, che Schiaparelli usò a partire dal 1875, e sono state rese agibili le terrazze contigue.

Il materiale di archivio accumulato nell'Osservatorio a partire dal XVIII secolo è stato trasferito in locali appositamente arredati ed è ora possibile la sua consultazione. Sono disponibili un 'Inventario di archivio' e un 'Catalogo delle lettere (1726-1799)'.

Il volume che viene qui presentato traccia la storia dell'Osservatorio, con particolare attenzione alla strumentazione della quale uno di noi — Enrico Miotto — ha curato la documentazione.

Al completamento del programma di valorizzazione, quindi, manca solo la possibilità di consultare i volumi della biblioteca storica — attualmente in fase di trasferimento da Merate a Milano — della quale va compilato un apposito catalogo.

L'Osservatorio è cambiato, dunque, anche per effetto dell'incremento della sua attività di ricerca astronomica moderna. Non è cambiato, purtroppo, il quadro istituzionale e legislativo della salvaguardia e della valorizzazione del patrimonio storico-scientifico in Italia. Esso non è oggetto di nessuna norma specifica di tutela. Per quanto riguarda l'Osservatorio milanese, il compito della salvaguardia e della tutela è stato assunto finora dall'Università degli

Studi che ha voluto così sopperire all'assenza degli organi preposti a tali incombenze.

Ma la salvaguardia e la tutela non bastano: il patrimonio storico-scientifico richiede una cura continua nel tempo, affidata a persone e enti istituzionalmente delegati a questo compito. E affinché esso diventi fonte di cultura per la comunità, è necessario valorizzarlo con un'attività non casuale di ricerca storica.

Nell'attesa che alle carenze istituzionali, cui abbiamo accennato per obiettività d'informazione, venga posto rimedio, ci auguriamo che interventi spontanei, quale quello praticato per l'Osservatorio di Brera, possano contribuire a rafforzare nel pubblico la consapevolezza che i beni storico-scientifici rappresentano una componente essenziale dell'eredità culturale del nostro paese.

E. Miotto
G. Tagliaferri
P. Tucci

Giugno 1989

1.1 Il palazzo di Brera

L'alba del XVIII secolo trovò Milano in pieno cambiamento istituzionale. Il primo novembre del 1700 morì Carlo II re di Spagna, e le vicende della successione a quel trono portarono in pochi anni alla fine dei quasi due secoli di dominio spagnolo su Milano. Alla Spagna subentrò l'Austria le cui truppe fecero il loro ingresso il 24 settembre 1706, guidate da Eugenio di Savoia.

Tra i palazzi la cui costruzione fu iniziata durante la dominazione spagnola vi fu quello di Brera. Sorse sul luogo prima occupato, sin dal Due-Trecento, dal convento degli Umiliati e dall'annessa chiesa di Santa Maria nella Brera - "nella", poichè Brera, dal termine longobardo braida, vuol dire piazza erbosa, o prato - e il suo aspetto attuale fu conseguito verso la fine del Settecento, a conclusione di lunghe vicissitudini.

La storia del Palazzo di Brera si può far cominciare, infatti dal 1591. In quell'anno i Gesuiti - che Carlo Borromeo, il grande cardinale della Controriforma, aveva da qualche tempo insediato nel convento del soppresso ordine degli Umiliati col compito di gestirvi una scuola per l'istruzione del clero e della nobiltà - diedero inizio ad un ambizioso piano di ampliamento della loro sede. A rifare quel piano, rimasto in massima parte inattuato, fu poi chiamato il grande architetto del barocco milanese, Francesco Maria Richini. Il suo progetto definitivo che dava al palazzo di Brera l'impronta monumentale che lo distingue, fu approvato dal generale dell'Ordine dei Gesuiti nel 1651; ma l'autore del progetto non vide il compimento di quella che era stata l'ultima sua fatica.

Dopo la morte del Richini, avvenuta nel 1658, i lavori si trascinarono inconcludentemente per oltre un secolo, rallentati da divergenze tanto sull'architettura che sulla destinazione delle opere, e da dispute con le proprietà confinanti. Sicchè neppure i Gesuiti poterono veder finito il palazzo di Brera: dovettero lasciarlo nel 1773, a seguito della soppressione del loro ordine; e passarono ancora una decina di anni prima che Giuseppe Piermarini, architetto di gusto neoclassico, completasse la facciata dell'imponente edificio, aggiungendovi un enorme, e sproorzionato, portale.

A quel momento, l'Osservatorio astronomico era già in funzione da alcuni lustri. È noto che nella seconda metà del settecento Milano visse un intenso periodo di vivacità intellettuale, in ciò spronata dall'illuminata gestione del governo austriaco. Se è vero che anche le decisioni minute riguardanti Milano venivano prese da funzionari viennesi, in ossequio a un modo di governare apertamente accentratore e assolutistico, d'altra parte fu proprio questa gestione accentratrice a permettere l'attuazione di riforme che erano osteggiate da quei nobili e ecclesiastici che non intendevano perdere i propri privilegi.

L'amministrazione locale fu semplificata, il catasto rifatto ex novo, l'agricoltura intensiva incoraggiata anche con imposte fondiari più eque, centinaia di conventi soppressi, molti beni ecclesiastici tassati, il Santo Ufficio dell'Inqui-

sizione abolito. Fu fondata tra il 1761 e il 1762, ad opera di Pietro Verri, la Società dei Pugni che tra il 1764 e il 1766 pubblicò *Il Caffè*, il periodico dalla cui lettura la giovane borghesia lombarda era sollecitata a scuotere la propria inerzia intellettuale. Nel 1780 fu costituita la Biblioteca braidense con fondi librari provenienti dal conte di Firmian, ministro plenipotenziario per la Lombardia austriaca, dal Conte Pertusati, già presidente del Senato, dai Gesuiti di Brera, di San Fedele, di San Girolamo.

Comunque la nascita dell'Osservatorio non fu direttamente indotta da una pressione dell'ambiente cittadino. L'iniziativa di avviare osservazioni astronomiche a Milano si inquadra piuttosto nei propositi di distinzione culturale intrattenuti in quel periodo dalla Compagnia di Gesù per le proprie scuole. La tradizione educatrice della Compagnia si era consolidata al punto che intorno al 1750 i Gesuiti gestivano nel mondo l'imponente totale di 669 collegi con 176 convitti. L'originario orientamento degli studi verso la retorica, la filosofia e la teologia non aveva escluso le scienze esatte; e allorchè nel secolo XVII si ebbe la fioritura, in ogni parte d'Europa, di astronomi e matematici, tra i Gesuiti si contarono viepiù scienziati di valore, come Scheiner, Kircher, Riccioli, Grimaldi, Lana Terzi, etc. Infine, nel secolo XVIII, lo studio dell'astronomia e delle altre discipline scientifiche si era diffuso in tutte le provincie della Compagnia, ed era apertamente incoraggiato dalle autorità dell'Ordine.

I primi osservatori astronomici della Compagnia di Gesù furono edificati nel 1702 nei collegi di Lione e di Marsiglia; altri, di maggiore o minore importanza, seguirono a Wilno in Lituania, a Vienna, a Praga, a Roma (al Collegio Romano), a Mannheim, etc. Allorchè il papa Clemente XIV emanò il breve "Dominus ac Redemptor" del 21 luglio 1773 che aboliva l'ordine dei Gesuiti, essi gestivano ben trenta osservatori. Non c'è quindi ragione di pensare a motivazioni esterne per giustificare l'inizio da parte dei padri del Collegio di Brera di una attività di osservazioni astronomiche, attività che in quegli anni stava diventando quasi un obbligo per le scuole più avanzate.

1.2 La preistoria dell'osservatorio

La prima documentata osservazione astronomica collegata all'attività del futuro osservatorio di Milano risale al febbraio 1760 allorchè i padri gesuiti Giuseppe Bovio e Domenico Gerra, lettori di filosofia presso il Collegio di Brera, annunciarono l'avvistamento di una cometa. Com'era consuetudine in quell'epoca, la notizia venne comunicata alla cittadinanza mediante un foglio affisso ai muri. Vi si leggeva:

"Alli 6. del corrente Febbraio circa le ore 8. di sera fu da due Padri Professori in questa Università di Brera della Compagnia di Gesù osservata ad occhio nudo la sembianza di una stella nebulosa minore di mole, ma di egual luce alla

nebulosa Presepe nel cuor del Cancro. Essa era nella costellazione del Leone lontana a stima d'occhio quattro gradi incirca d'un gran cerchio dalla Stella Regulus... Osservata col telescopio fu discoperta cometa. La testa involta in atmosfera nebbiosa, corta corda, e sfumata ad Ostrolebeccio. Aveva 142. gradi di longitudine: due e mezzo di latitudine Boreale. Il di lei corso potutosi osservare li giorni 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. è retrogrado, contro l'ordine dei segni; e declinante al Polo. Il giorno undeci passò il Tropico; ed alle ore 11. della sera essa compariva presso, e sotto la lingua del Leone, verso Levante... Li 12. portossi sopra la lingua del Leone. Li 13. più immediata sotto le narii. Li 14. nuvolo. Li 15. sopra le narici; e già fuori della Costellazione del Leone. Nè giorni 16. 17. 18. 19. 20. non si potè seguire il suo corso pel cielo nuvoloso. La sera del ventuno, rompendosi tratto tratto le nubi, potè di nuovo scorgersi; e a cielo più costante e sereno il 22.; ma sensibilmente scemata, e ad occhio disarmato appena discernibile a chi costantemente ne aveva seguito il corso. Si alzata non lungi dal seno che fa il Giordano sotto la zampa anteriore Australe dell'Orsa Maggiore; o, inerendo alle addizioni fatte da Hevelio al globo stellato, ella entra già nella Lince. La sera del 22. aveva 123. gradi di longitudine, e 16. di latitudine Boreale.

Se le nuvole e la Luna non ne invidieranno l'aspetto, ella potrà ancora essere a buon telescopio discernibile per qualche sera pria che alzandosi si involi... “. Il testo contiene informazioni che testimoniano un interesse nient'affatto improvviso nè episodico per l'astronomia: i due padri appaiono al corrente delle osservazioni fatte in altre specole, possiedono un telescopio, sono in grado di eseguire misure di longitudine e di latitudine. Sappiamo inoltre che essi impartivano agli allievi, nell'ambito del loro insegnamento presso il Collegio di Brera, nozioni fondamentali di astronomia, e che si tenevano aggiornati attraverso l'assidua lettura delle opere dei più celebri astronomi del tempo. L'osservazione e la descrizione di quella cometa, dunque, non sono per nulla casuali.

Sull'onda dell'entusiasmo per la scoperta di questo nuovo astro, per quel che se ne sa non osservato da nessun altro astronomo, Bovio e Gerra chiesero al loro rettore, padre Federico Pallavicini, di attrezzare con strumenti più precisi l'appartamento del Collegio dal quale erano soliti osservare il cielo. Il rettore Pallavicini aderì di buon grado alle richieste dei due padri procurando loro alcuni cannocchiali e un buon orologio a pendolo. Occorreva però anche un quadrante o un sestante, in modo da poter determinare le posizioni angolari degli astri. Dato l'alto costo di acquisto di una macchina del genere, Bovio e Gerra decisero di progettare da soli e di farla costruire da un artigiano: i risultati, però, furono scadenti. Pallavicini si rese conto che la prosecuzione dell'attività astronomica richiedeva l'apporto di qualcuno di provata esperienza, che sapesse usare al meglio gli strumenti e programmare l'attività del piccolo osservatorio. Fu invitato pertanto a Milano il padre gesuita Luigi La Grange (1711-1783), astronomo presso la Specola di Marsiglia, che aveva fama di

grande perizia. A La Grange fu affiancato Francesco Reggio (1743-1804) che era stato allievo del Gerra, mentre i due “pionieri” si ritirarono da ogni attività di tipo osservativo.

1.3 La nascita dell'osservatorio

Una delle prime operazioni che La Grange intraprese fu l'esatta determinazione della posizione geografica di Brera: da essa dipendeva la possibilità di correlare le osservazioni eseguite a Milano con quelle effettuate in altre località e di utilizzare proficuamente i cataloghi stellari e le tavole del moto dei pianeti e della Luna elaborate dagli altri osservatori. Nel 1763, inoltre, La Grange iniziò una serie regolare di osservazioni meteorologiche che, ininterrotte per oltre due secoli, costituiscono una delle più antiche e importanti serie continue di osservazioni.

Nel 1764 ci fu un avvenimento che consentì all'Osservatorio di realizzare il primo salto di qualità. In quell'anno, infatti, Giuseppe Ruggero Boscovich (1711-1787), chiamato l'anno prima dal Senato di Milano ad assumere l'incarico di professore di matematica nell'Università di Pavia, decise di trascorrere le vacanze estive presso il Collegio dei Gesuiti a Milano. Fu qui che il Padre Pallavicini lo convinse a progettare il nuovo osservatorio, considerati i profondi interessi che Boscovich aveva per l'astronomia.

Boscovich, personaggio eclettico ed estroso, si era interessato oltre che di matematica anche di astronomia, geodesia, ingegneria, archeologia (nonchè di poesia). Era quindi particolarmente qualificato per la progettazione di un osservatorio; tra l'altro egli aveva già progettato per il Collegio Romano, dove insegnava prima di venir chiamato a Pavia, un osservatorio che non fu comunque mai costruito.

Boscovich scelse come sede dell'Osservatorio l'angolo sud-est del Palazzo di Brera, affacciato sull'area che sarebbe stata poi occupata dall'Orto Botanico, lontano dai rumori e dalle vibrazioni prodotte dai veicoli che circolavano per la contrada dei Fiori a settentrione e per quella di Brera a ponente. Determinò la distribuzione e la forma degli archi, delle volte e delle legature in ferro e in legno che bisognava imporre all'edificio perchè gli strumenti potessero essere collocati in modo sufficientemente stabile secondo i criteri dell'epoca. I disegni e il modellino in legno del progetto vennero approvati dal conte di Firmian, dalla Corte di Vienna e dai superiori dell'ordine dei Gesuiti (attualmente il modellino è custodito presso il Museo della Scienza e della Tecnica di Milano, vedi appendice 7). Nel 1765 i lavori di costruzione dell'osservatorio erano già terminati grazie ai fondi del Collegio, nonchè a contributi volontari di vari Gesuiti, tra cui lo stesso Boscovich.

1.4 L'Osservatorio di Boscovich

a. La sala dei quadranti e la sala ottagonale

L'osservatorio era su due piani⁽¹⁾. Il piano inferiore era diviso in cinque stanze. La prima, a cui si accedeva dall'esterno tramite una scala che immetteva in uno stanzino d'ingresso, era una lunga sala sul lato orientale; i muri dei lati maggiori erano stati rifatti in modo da orientarli in direzione nord-sud, per sostenere i quadranti murali. Nel 1768 fu acquistato e posto verso sud un quadrante di Canivet (vedi scheda del catalogo) di 6 piedi francesi di raggio (1.95 m); nel 1791 giunse all'osservatorio un quadrante di Ramsden (vedi scheda del catalogo) di otto piedi inglesi di raggio (2.4 m), che fu collocato al posto del quadrante di Canivet: quest'ultimo venne montato sul muro opposto, rivolto verso nord (nel seguito le dimensioni degli strumenti saranno in piedi francesi, salvo quando diversamente indicato; un piede francese equivale a circa 32.5 cm, mentre un piede inglese corrisponde a circa 30.5 cm). Nella stessa stanza vi era un orologio a pendolo compensato, costruito da Lepaute a Parigi su progetto dello stesso Boscovich⁽²⁾; questi aveva inizialmente posto nella sala un piccolo telescopio fisso puntato sul parallelo di Sirio, per la verifica dell'orologio. Successivamente fu installato nella sala un orologio a pendolo di Arnold, uno dei migliori costruttori inglesi⁽³⁾.

Le altre quattro stanze avevano il soffitto a volta ed erano disposte all'interno di un perimetro quadrato di lato pari a circa 12.35 m.

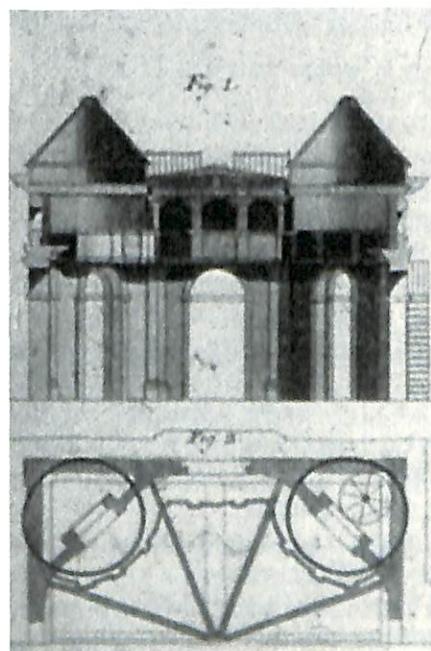
Inizialmente la prima di queste conteneva solo il recipiente per la raccolta dell'acqua piovana, che scendeva per mezzo di un tubo da un raccoglitore di sezione quadrata posto sulla terrazza. Successivamente vi furono posti anche i campioni dei pesi e delle lunghezze, bilance, un pirometro, un barometro, un orologio; alla finestra era applicato un microscopio solare. Una seconda stanza serviva come magazzino per alcuni accessori degli strumenti e per una parte dei libri della biblioteca.

Probabilmente le altre due stanze venivano usate dagli astronomi di notte nelle pause fra le osservazioni e di giorno per eventuali esperienze di ottica. Sopra queste stanze si trovava il secondo piano dell'osservatorio, costituito da una grande sala ottagonale, il cui soffitto era retto da una colonna in cotto posta al centro. La forma ottagonale era piuttosto diffusa negli osservatori dell'epoca, la si ritrova per esempio nell'osservatorio di Greenwich; ogni parete aveva un grande finestrone, quindi era possibile disporre di più aperture in direzioni diverse, e le osservazioni erano facilitate. La sala di Brera aveva 6 finestroni e due porte. Nel 1775, però, la sala fu resa quadrata nel suo perimetro esterno, uguagliando così la sua pianta a quella dell'insieme delle quattro stanze sottostanti ed eliminando due finestroni. All'interno la pianta rimase ottagonale: gli angoli creati con i nuovi muri esterni furono usati come depositi.

La sala conteneva molti strumenti, anche se quelli per le misure di posizioni,



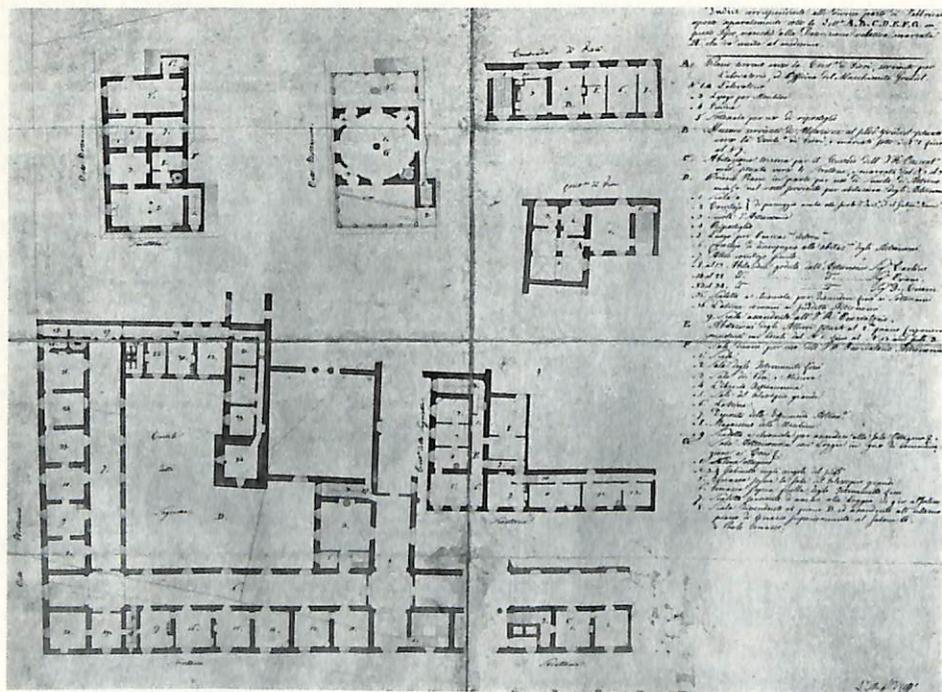
1a e 1b Viste del modello in legno dell'Osservatorio di Brera, secondo il progetto di R. Boscovich.



2 Spaccato e pianta della sala ottagonale dell'osservatorio, con terrazza e torrette.



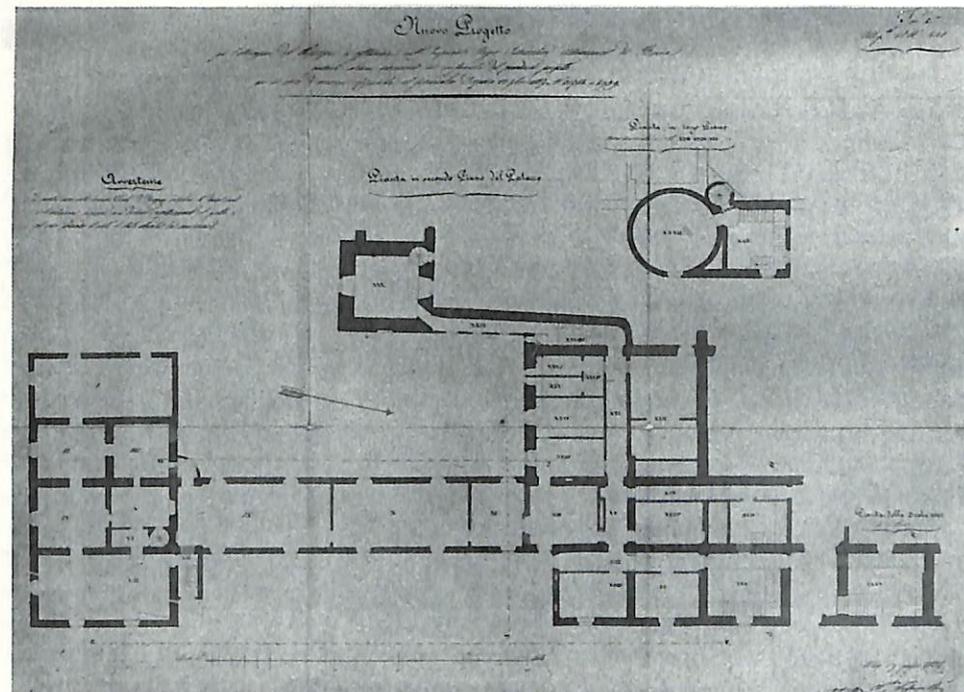
3 Facciata dell'osservatorio visto da meridione.



4 Locali componenti l'Osservatorio astronomico con le annesse abitazioni degli astronomi intorno al 1840.

come è il caso dei quadranti murali, si trovavano in locali diversi, più isolati. Al tempo di Boscovich vi si trovavano: due piccoli telescopi fissi per la verifica degli orologi, diretti sul parallelo di due stelle, alcuni telescopi non acromatici (fra i quali uno di 20 piedi di lunghezza focale, circa 6.5 m), un telescopio a riflessione di Short di 1.5 piedi inglesi di lunghezza focale (di proprietà di Boscovich) capace di 200 ingrandimenti, un secondo riflettore di Short di 2 piedi inglesi di lunghezza focale e capace di 300 ingrandimenti, un micrometro obiettivo acromatico, applicabile al precedente telescopio, costruito da Short, un orologio compensato di Lepaute attaccato alla colonna centrale e, sempre appeso alla colonna, un contatore a secondi. Successivamente furono posti in questa sala i telescopi con gli obiettivi acromatici di Dollond (vedi schede del catalogo).

Nella sala ottagonale furono inoltre conservati gli strumenti portatili, destinati alle osservazioni "sul campo" durante viaggi o misure geodetiche; questo è il caso, per esempio, dei vari cerchi ripetitori giunti nel corso del tempo: quelli di Lenoir acquistati da Oriani nel 1794, gli strumenti degli inglesi Troughton, i cerchi di Reichenbach, di Reichenbach e Ertel, di Jaworski (per questi ultimi due strumenti vedi le schede del catalogo). In questa sala si svolgevano anche



5 Osservatorio di Brera, secondo e terzo piano. Progetto del 1836 (Carlini) per la costruzione della III sezione con la cupola per il telescopio di Amici.

le cosiddette "osservazioni contemplative", compiute a volte da visitatori occasionali, non astronomi; qui venivano fornite agli ospiti spiegazioni sul funzionamento degli strumenti⁽⁴⁾.

b. Le torrette a cono

I due piani dell'osservatorio si alzavano di circa 13.65 m sopra il vecchio edificio; complessivamente l'osservatorio si trovava ad una altezza di quasi 30 metri sopra il livello del suolo e questo doveva avere dei riflessi negativi sulla stabilità dell'osservatorio e sulla precisione delle misure, come si vedrà nel paragrafo 1.10. Al di sopra della sala vi era una terrazza con due piccole torri per le osservazioni, poste negli angoli nord-est e nord-ovest. Queste avevano forma cilindrica, con un diametro di circa 3.25 m, ed erano coperte da un cono realizzato con una intelaiatura coperta di tela, in cui era praticata un'apertura allungata chiusa con uno sportello; i coni potevano ruotare, rivolgendo così l'apertura in ogni direzione: il meccanismo di rotazione era stato ideato dallo stesso Boscovich. Ogni 3 anni veniva rinnovata la vernice della tela, mentre ogni 10 la tela veniva cambiata. La terrazza era completamente ricoperta di

rame per assicurare maggiore impermeabilità; sopra questa copertura era stato posto un pavimento di legno per permettere l'utilizzazione della terrazza e per prevenire un eccessivo riscaldamento durante l'estate.

Le torrette erano parzialmente all'interno della sala ottagonale: erano raggiungibili attraverso un ballatoio che correva nella parte superiore della sala, e a cui si accedeva per mezzo di scale a chiocciola. Al tempo di Boscovich in una delle torrette (quella nord-ovest, secondo Rayet 1878) era collocato un grande sestante mobile di Canivet di 6 piedi (1.95 m) di raggio e con due cannocchiali, uno strumento costruito nel 1765 e particolarmente apprezzato, per lungo tempo, dagli astronomi di Brera (vedi scheda del catalogo); nell'altro cono si trovavano uno strumento dei passaggi di 4 piedi di lunghezza focale e una macchina parallattica, costruiti da Canivet a Parigi⁽⁶⁾. In entrambe le torrette vi era un orologio; questi non erano inizialmente del tipo a compensazione.

In seguito furono acquistati nuovi strumenti. Nella torretta nord-est fu posto nel 1775 un settore equatoriale costruito l'anno precedente da Sisson a Londra (vedi scheda del catalogo) e un orologio a pendolo compensato di Robin (vedi scheda del catalogo); l'anno successivo fu collocato nella torretta sud-ovest uno strumento dei passaggi costruito da Megele, con obiettivo di Dollond (vedi scheda catalogo). Tempo dopo, nel 1810, fu installato nella torretta nord-ovest il circolo moltiplicatore di Reichenbach di un metro di diametro (vedi scheda del catalogo), uno strumento che rappresentava il punto più alto raggiunto dalla meccanica di precisione del tempo (nella torretta fu posto anche un orologio a pendolo compensato di Megele).

L'osservatorio comprendeva altre parti destinate a servizi. Nei due piani sottostanti la parte inferiore dell'osservatorio si trovavano le abitazioni degli astronomi e degli allievi, e i locali della scuola di astronomia. L'abitazione del custode e il laboratorio del meccanico, che abitava in un appartamento situato in un ammezzato e collegato al laboratorio, erano al piano ancora inferiore, il pianterreno del palazzo di Brera.

1.5 L'allontanamento di Boscovich

Questa prima fase della storia della Specola si concluse nel 1772 con l'allontanamento di Boscovich. Non sono ancora completamente chiare le ragioni dell'allontanamento; ad esso sicuramente contribuirono molti fattori: difficile carattere dello scienziato, contrasti con i confratelli, isolamento dalla corrente illuministica lombarda.

Probabilmente la Corte di Vienna seppe gestire con estrema abilità questo coacervo di motivazioni per esautorare Boscovich senza assumersene la piena responsabilità, anzi facendola discendere dal dissidio che opponeva Boscovich a La Grange e ai suoi confratelli. Dissidio che se era sul piano personale lo era molto di più sul piano scientifico. Boscovich aveva elaborato un ambizioso

programma per le attività scientifiche dell'Osservatorio. Il rettore del Collegio di Brera (padre Ignazio Venini, che era succeduto al Pallavicini) e molti suoi confratelli erano pochissimo disposti a seguirlo su questa strada. D'altronde lo scioglimento dell'Ordine dei Gesuiti era nell'aria, e la Corte di Vienna desiderava assicurare la transizione del Collegio alla conduzione laica, senza perdita né di docenti (difficilmente sostituibili), né delle strutture e dei beni (sicuramente appetibili). Boscovich, quindi, fu trattato ingiustamente, sul piano scientifico, sul piano morale, sul piano materiale. Per alcuni anni la Specola risentirà di questo brusco allontanamento, anche se il Governo di Vienna proporrà, nel 1777, agli astronomi dell'Osservatorio come piano di attività proprio quel Piano della Specola che Boscovich aveva scritto e che ora il Governo di Vienna, dopo l'allontanamento dello scienziato, farà suo.

Comunque nel 1773, con lo scioglimento dell'Ordine dei Gesuiti, Brera era diventato di proprietà dello Stato il quale aveva imposto agli astronomi la disciplina comune a tutti i professori pubblici. Essi venivano retribuiti dallo Stato, che provvedeva pure a fornire i fondi per la gestione ordinaria e per l'acquisto degli strumenti.

Come si è accennato sopra, subito dopo il passaggio allo Stato furono eseguiti dei lavori per la sistemazione della sala ottagonale. Approfittando dell'occasione, vennero aggiunte altre due torrette con il tetto a cono, negli angoli sud-est e sud-ovest. Inizialmente nella torretta sud-est era stata collocata una macchina parallattica di Adams e un piccolo strumento dei passaggi; successivamente lo strumento di Adams era stato sostituito con una macchina parallattica di Mègniè (vedi scheda del catalogo). Nella torretta sud-ovest fu posto uno strumento dei passaggi di Megele con ottiche di Dollond, con una focale di sei piedi; questo strumento, però, dopo l'acquisto dello strumento dei passaggi di Reichenbach cessò di essere utilizzato per la ricerca e fu destinato alla didattica. Nel 1835 lo strumento di Megele venne posto in primo verticale, orientato, cioè, in direzione est-ovest. Nel 1788 si sostituirono le coperture di tela di tutte le torrette con coperture di rame.

1.6 L'attività di Barnaba Oriani

All'osservatorio, grazie al governo austriaco, non mancarono i mezzi finanziari, perchè assurgesse a dignità scientifica internazionale. Non altrettanto avvenne per altre istituzioni che dovevano sorgere in Brera dopo che le rendite e gli immobili dei Gesuiti erano passati allo Stato. La Giunta degli studi di Milano aveva, infatti, sottoposto alla Corte di Vienna un piano che prevedeva la riunione nell'edificio di Brera delle scuole Palatine, di un'aula per le dimostrazioni di fisica sperimentale, di una camera ottica, di un laboratorio per la fusione dei metalli, di un museo delle antichità sacre e civili, di un museo di storia naturale, di un'accademia delle arti e delle scienze. Con questo progetto la Giunta prefigurava un'istituzione per l'insegnamento superiore

nella quale le discipline tecnico-scientifiche avrebbero dovuto avere un'insolita rilevanza.

Il cancelliere Kaunitz, però, ridimensionò drasticamente il piano, salvando solo l'osservatorio che fu l'unica istituzione di Brera a beneficiare in quegli anni della cura del governo austriaco.

Ancora su sollecitazione del governo, nel 1774 fu pubblicato il primo volume delle Effemeridi astronomiche a cura dell'Osservatorio. I volumi, che uscirono ininterrottamente per cento anni, erano divisi in due parti: nella prima si trovavano le effemeridi calcolate per il Sole, la Luna e i pianeti, cioè le tabelle contenenti, in funzione del tempo, le posizioni di quegli oggetti celesti e gli istanti in cui si verificavano i fenomeni astronomici più rilevanti; la seconda raccoglieva alcune memorie degli astronomi, con l'esposizione delle osservazioni fatte e con discussioni su qualche problema di astronomia teorica o pratica. I più complicati problemi di meccanica celeste venivano affrontati soprattutto per merito di Barnaba Oriani (1752-1832), giunto all'osservatorio verso il 1775. Fu proprio con lo studio di un tipico problema di meccanica celeste - la determinazione dell'orbita di un pianeta appena scoperto - che la fama di Oriani giunse ai più alti livelli.

Nel 1781, infatti, l'astronomo inglese d'origine tedesca William Herschel (1738-1822), mentre esplorava da Halifax la costellazione dei Gemelli con uno dei suoi primi grandi riflettori, scoprì un astro che si distingueva nettamente dalle stelle circostanti. Herschel ritenne che si trattasse di una "curiosa stella nebulosa o una cometa". In realtà aveva scoperto un nuovo pianeta: Urano. La scoperta del nuovo oggetto celeste venne annunciata agli astronomi di Brera Francesco Reggio e Angelo De Cesaris (1749-1832, astronomo dell'osservatorio dal 1772) da Messier, famoso "cacciatore di comete", in una lettera da Parigi datata 25 aprile 1781. In essa Messier, informato della scoperta da Maskelyne in una lettera ricevuta il 23 Aprile, sottolinea l'importanza e l'interesse delle osservazioni del nuovo astro al quale viene attribuita una natura cometaria. A questo astro, considerato cometa, Boscovich, in volontario esilio a Parigi dopo il suo allontanamento da Brera, applica un suo metodo per la determinazione dell'orbita delle comete. Gli elementi orbitali calcolati in base al suo metodo vengono inviati da Boscovich agli astronomi di Brera i quali iniziano immediatamente una regolare serie di osservazioni del nuovo astro, usando il settore equatoriale di Sisson. Oriani fa un primo tentativo di calcolo dell'orbita; i risultati non sono eccezionali, ma è interessante l'introduzione dell'ipotesi di un'orbita circolare, un'orbita piuttosto insolita per una cometa, che pertanto viene da lui chiamata 'singularis'. Il successivo passo di Oriani sarà il calcolo dell'orbita ellittica, un'orbita cioè idonea all'identificazione del nuovo oggetto celeste come pianeta, da cui conseguirà la prima determinazione degli elementi orbitali. I risultati teorici così ottenuti da Oriani apparivano in ottimo accordo con le osservazioni, che coprivano un intervallo di tempo che andava dal 1600 al 1805. Per circa 5 anni

le tavole da lui proposte rimasero sostanzialmente valide. Ma man mano che il tempo passava l'accordo diminuiva; le osservazioni sempre più precise indicavano che dovevano essere prese in considerazione le azioni esercitate dagli altri pianeti sull'orbita di Urano. Louis Lagrange, il famoso fisico-matematico, aveva intanto elaborato una teoria per calcolare le perturbazioni del moto di un pianeta ma era necessario conoscerne la massa. Alla conoscenza di questa massa contribuì l'individuazione da parte di Herschel di due satelliti del pianeta: Titania e Oberon.

Oriani applicò allora la teoria di Lagrange delle perturbazioni al caso di Urano perturbato da Giove e Saturno. Si aprì così un nuovo capitolo nella storia del calcolo dell'orbita di Urano; un capitolo che porterà all'ipotesi dell'esistenza di un ulteriore nuovo pianeta per dar conto delle irregolarità dell'orbita. La scoperta di questo nuovo pianeta, poi battezzato Nettuno, avverrà, come ben noto, nel settembre 1846, sulla base delle indicazioni derivanti dai calcoli di Leverrier e Adams.

Il 1° gennaio 1801 il lombardo Giuseppe Piazzi (1746-1826), dell'osservatorio di Palermo, individuò il primo pianetino (asteroide di dimensioni relativamente grandi in orbita attorno al Sole in una zona di spazio compresa fra Marte e Giove), chiamato Cerere. Gauss per primo calcolò la sua orbita, permettendone il successivo ritrovamento dopo che Piazzi aveva fallito nel rintracciarlo in osservazioni successive. Anche Oriani osservò Cerere e ne calcolò l'orbita mediante un nuovo metodo; nel 1803 pubblicò la sua teoria e sviluppò le formule analitiche necessarie al calcolo delle perturbazioni sia di Cerere che degli altri pianetini scoperti nel frattempo (Pallade, Giunone, Vesta).

1.7 La carta di Lombardia

Dal 1788 Oriani e gli altri astronomi dell'osservatorio furono impegnati nel rilevamento della carta della Lombardia, un'operazione effettuata per la prima volta in Italia con metodi astronomico-geodetici avanzati.

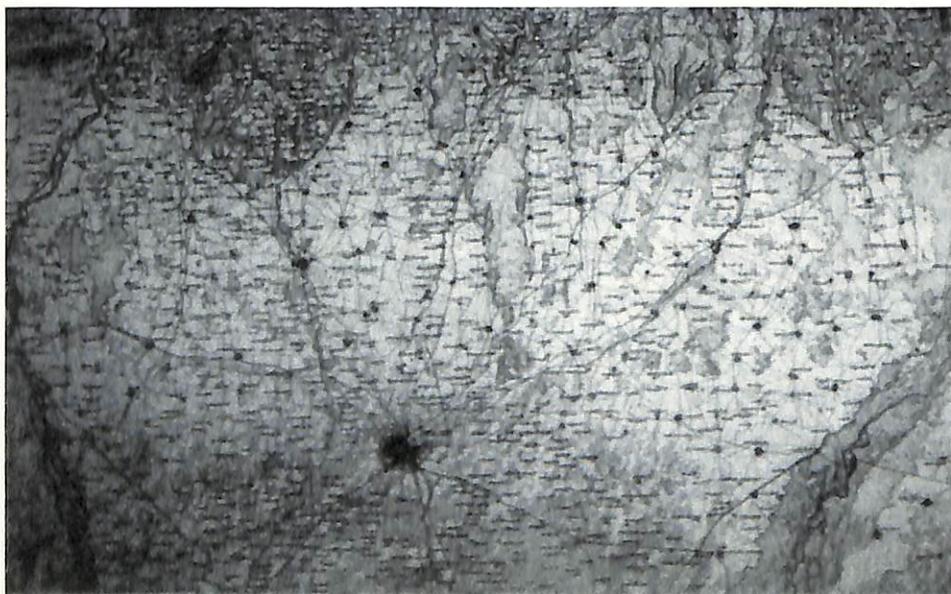
L'ipotesi di una nuova carta era stata presa in considerazione sin dagli anni 1771-72 dall'amministrazione della Lombardia austriaca, sollecitata da quanto avevano fatto o stavano facendo Francia, Inghilterra, Paesi Bassi, etc.. Già Boscovich aveva espresso la necessità di una nuova carta topografica tracciata in accordo alle più moderne concezioni e metodologie scientifiche, vale a dire "legando le posizioni delle città e di tutte le cose più rilevanti ai fini punti del cielo." In quegli anni la carta in uso nella Lombardia austriaca era quella del catasto censuale voluta dall'imperatore austriaco Carlo VI fin dal 1718 per perequare i prelievi fiscali sulle proprietà fondiari. Anche se le carte catastali consentivano una dettagliata conoscenza della struttura del territorio interessato, esse fornivano però una rappresentazione solo approssimativa della rete stradale e delle distanze tra le varie località. Le nuove esigenze economiche, politiche e militari dello Stato imponevano, quindi, la realizzazione

di una nuova carta.

Boscovich sosteneva la necessità di tracciare una carta legata alle misure astronomiche e proponeva un suo metodo per ottenere un buon grado di esattezza. Il metodo prevedeva di determinare esattamente un primo punto nella carta usando gli strumenti fissi in dotazione alla Specola; quindi di legare tutti gli altri punti al primo utilizzando la carta catastale preesistente, che però Boscovich non sapeva fosse poco affidabile per quanto riguardava le distanze. In questo modo si poteva ottenere, pensava Boscovich, una precisione maggiore di quanto fosse possibile da misure fatte con gli strumenti portatili allora disponibili: l'errore di questi ultimi, infatti, per la misura di longitudine e di latitudine, era di gran lunga superiore a quello delle misure ottenute con strumenti fissi e di grandi dimensioni. Come per altre attività anche questa relativa alla Carta subì un rallentamento in seguito all'allontanamento di Boscovich, la cui proposta comunque aveva suscitato varie critiche a cominciare da quelle di F. Luino, professore di astronomia e matematica nel Collegio di Brera.

La desiderabilità di una carta rilevata con metodi astronomici tornò alla ribalta nell'agosto del 1776, in occasione di un'eclissi lunare. Gli astronomi di Brera Reggio e De Cesaris ne approfittarono per determinare la latitudine e la longitudine di Pavia e di Cremona. Sebbene i risultati fossero stati molto apprezzati dal Kaunitz, la stesura di una nuova carta non ne ebbe un particolare impulso.

Un elemento nuovo fu introdotto dalla presentazione, da parte del celebre



6 Un foglio della carta della Lombardia eseguita dagli astronomi.

cartografo Rizzi-Zannoni di Padova, di un piano per una nuova carta della Lombardia austriaca. Questo piano prevedeva di stendere una rete di triangoli su tutta la Lombardia: la rete si sarebbe dovuta sviluppare intorno a una linea meridiana, da misurare, della lunghezza di due gradi (dal castello del Bradello sul lago di Como fino alla Croce d'oro, nei pressi di Genova). Il Governo di Vienna apprezzò il piano e incaricò gli astronomi di Brera di coordinarsi con Rizzi-Zannoni al fine di realizzare la carta: agli astronomi sarebbero toccate le attività più strettamente astronomiche inerenti al posizionamento di punti di riferimento, mentre a Rizzi-Zannoni sarebbe toccata la parte geodetica e geografica. Ma ancora una volta il progetto si arenò. Questa volta si era creata una situazione di incompatibilità tra gli astronomi e Frisi, che il Governo austriaco aveva coinvolto nell'iniziativa come esperto e al quale il Governo aveva intenzione di assegnare la responsabilità dell'impresa. Ma Frisi non riscuoteva la stima degli astronomi; se l'era alienata con la "Relazione sopra l'Osservatorio di Brera" commessagli dal Firmian nel 1773 (pubblicata in Masotti 1949). Sebbene la relazione contenesse in più punti elogi per gli astronomi, essa non faceva che raccomandare un piano conservatore e riduttivo, tale insomma da deludere le speranze di sviluppo della Specola.

Il dissidio tra gli astronomi e Frisi esploserà pubblicamente in toni aspri nell'occasione della pubblicazione nel 1782 delle "Effemeridi di Milano per l'anno 1783" che Frisi criticò in vari punti, e in particolare, per le tavole che davano le coordinate geografiche di alcuni centri lombardi. Al che gli astronomi replicarono asserendo l'incompetenza del Frisi in astronomia e dichiarando imprecisa e inadatta la misura da lui eseguita di una base per l'inizio delle triangolazioni. Alla morte del Frisi, comunque, nel 1784 il cancelliere Kaunitz rilanciava il progetto della carta sottolineando che si sarebbe dovuto trattare di una carta legata alle più esatte osservazioni astronomiche. Il che voleva dire che tutte le dispute precedenti erano risolte in favore degli astronomi. Tra l'altro il Rizzi-Zannoni era stato richiesto dal Regno di Napoli, per rilevarne la carta, e aveva dichiarato di non potersi più occupare della carta della Lombardia.

Oriani, che già aveva fatto per proprio conto, fin dall'aprile del 1784 e per tutto il corso del 1785, numerose triangolazioni in Brianza e in varie altre località della Lombardia usando un sestante e un quadrante portatile, presentò alle autorità agli inizi del 1786 un suo progetto.

Finalmente nel 1787 si misero a punto i piani esecutivi, la strumentazione, la logistica, si decise la zona in cui misurare la base, etc.. I lavori iniziarono nella tarda primavera del 1788; richiesero parecchi anni e furono terminati solo nel 1794. La carta fu disegnata dal Pinchetti; Bordiga ne incise entro la primavera del 1796 i primi sette fogli su sette lastre di rame tuttora conservate nell'Archivio dell'Osservatorio (l'incisione dell'ottavo foglio era stata iniziata ma non ancora completata).

Al precipitare degli eventi politici, con l'entrata di Napoleone in Milano dopo la vittoria di Lodi del 10 maggio 1796, le sette lastre di rame furono messe al sicuro prima a Mantova e poi a Vienna. Nel 1802 la Repubblica Cisalpina si rivolse agli astronomi per estendere la carta in modo da collegare la rete di triangoli che Boscovich e Maire avevano tracciato tra Roma e Rimini nel 1750-52 alla rete di triangoli che padre Beccaria aveva tracciato tra Mondovì e Andrate in Piemonte nel 1760-64. Le operazioni per la nuova carta proseguirono fino al 1807; fu inciso il foglio della provincia di Milano e furono preparati i disegni per quelle di Novara, Bergamo e Brescia. Nel 1808 il proseguimento dell'opera fu affidato ai militari del Genio, data la lentezza con la quale procedevano i lavori degli astronomi poveri di uomini e con enormi difficoltà pratiche da superare. Delle operazioni eseguite sotto la direzione degli astronomi di Brera fu pubblicata nel 1814 solo una pianta di Milano in quattro fogli.

1.8 La figura di Barnaba Oriani

Oriani, oltre all'indiscusso ruolo scientifico, giocò un importante ruolo come uomo pubblico in un periodo politico molto travagliato. Tratto costante del suo comportamento fu la difesa dell'autonomia dell'uomo di scienza nei confronti del potere politico: una convinzione che egli ebbe modo di manifestare fin dai suoi primi contatti con Napoleone. Questi, entrato a Milano il 15 maggio 1796, era desideroso di recuperare al nuovo governo l'appoggio di quegli uomini di cultura che erano stati interpreti del razionalismo e dell'illuminismo in Lombardia. Oriani era già allora noto come uno dei più grandi scienziati italiani ed era quindi naturale che Napoleone cercasse prima di tutto il suo appoggio: il 22 maggio 1796, infatti, gli inviò una lettera nella quale, dopo avere affermato che gli uomini di genio erano poco apprezzati a Milano, lo pregava di usare la sua influenza per convincere i migliori ingegni lombardi a trasferirsi in Francia, dove avrebbero trovato condizioni assai più favorevoli. Oriani rispose con fermezza affermando che la tesi del generale era falsa e che avrebbe fatto meglio a provvedere alle necessità dei professori dell'Università di Pavia, rimasti da due mesi senza stipendio in seguito all'occupazione francese.

Due anni dopo l'astronomo milanese ebbe nuovamente modo di dimostrare con quanta fermezza intendeva difendere le proprie convinzioni. Agli inizi del 1798 il Direttorio della Repubblica Cisalpina promulgò una legge secondo la quale coloro che ricoprivano incarichi pubblici dovevano giurare odio ai governi monarchici. La lettera di risposta di Oriani a Baldironi, commissario del Direttorio, datata 23 aprile 1798, è una lezione esemplare di dignità e orgoglio:

“Barnaba Oriani, astronomo della Specola di Brera, stima e rispetta tutti i governi bene ordinati, nè sa comprendere come per osservare le stelle ed i

pianeti sia necessario di giurare odio eterno a questo o a quel governo. Egli è stato in età di 23 anni impiegato nella Specola di Brera da un Governo monarchico, e si acquistò qualche nome in questa professione coi mezzi che gli vennero dal medesimo Governo accordati per 20 anni continui.

Egli sarebbe dunque il più ingrato degli uomini, se ora giurasse odio a chi non gli ha fatto che del bene. Pertanto egli dichiara, che non potendo giurare odio al Governo dei Re, si sottomette alla legge che lo priva del suo impegno alla Specola di Milano, e, malgrado questo castigo, egli non cesserà mai di fare i più fervidi voti per la prosperità della sua Patria. Salute e rispetto.”

Non ci è dato sapere quanta influenza abbia avuto questa splendida, fierissima dichiarazione; fatto sta che la Repubblica Cisalpina non diede seguito alla minacciata estromissione. Poco dopo Oriani venne chiamato a presiedere la Commissione che doveva introdurre in Lombardia il sistema metrico decimale e si vide affidare anche il delicato incarico di elaborare la riforma delle università di Bologna e di Pavia. Nel 1801-1802 prese parte, a Lione, ai lavori della Consulta voluta da Napoleone per stabilire i nuovi ordinamenti dell'istituenda Repubblica Italiana. In seguito a questa intensa attività pubblica Barnaba Oriani, che già era membro delle più prestigiose accademie scientifiche d'Europa, venne nominato Conte, Cavaliere della Corona Ferrea e Senatore.

Caduto Napoleone, nel 1814 la Lombardia tornava sotto l'Austria, ma questo rivolgimento politico non ebbe in un primo tempo alcuna conseguenza per la specola milanese: protetto dalla sua fama, Oriani continuò indisturbato le osservazioni e gli studi. Nel 1817 ottenne di essere messo a riposo e la direzione, prima collegiale, fu assunta da De Cesaris; Oriani continuò, però, ad alloggiare in Brera e ad eseguire osservazioni, soprattutto sulle orbite dei pianetini, affiancato dal giovane Francesco Carlini.

1.9 Ulteriori ampliamenti dell'osservatorio e considerazioni sul suo primo periodo di vita

Poco prima del ritiro di Oriani l'osservatorio era stato ampliato con la costruzione, nel 1812, di una nuova sala, uguale a quella dei quadranti murali e disposta dalla parte ovest dell'osservatorio, così che questo aveva assunto una forma simmetrica (ms 11). Il suo tetto era fatto a terrazza e aveva un'apertura per osservare le stelle zenitali con un telescopio a specchio di Amici disposto verticalmente (su questo telescopio e la sua collocazione vedi par. 2.4). Nella nuova stanza vennero conservati globi, planisferi, livelli, bussole, oculari; in seguito vi trovarono posto anche il declinometro costruito da Grindel, con il teodolite di Reichenbach necessario per le letture, e l'inclinometro magnetico (o bussola di inclinazione) di Lenoir. Un altro inclinometro, costruito da Grindel, verrà posto in uno stanzino verso nord unito alla sala dei quadranti. Il declinometro di Meyerstein, che fu a lungo

impiegato per le misure magnetiche (vedi scheda del catalogo), non si trovava nel corpo principale dell'osservatorio, ma in una delle sale della scuola di astronomia.

Durante i lavori per la nuova sala si costruì una terrazza anche sopra la sala dei quadranti murali, eliminando il tetto precedente. In questo modo fu possibile creare una apertura meridiana nelle pareti e nel tetto, e collocare nella sala uno strumento dei passaggi di Reichenbach, di sei piedi di focale⁽⁶⁾. Osservando il suo primo periodo di vita, fino al 1815-1820 circa, si nota che l'osservatorio si sviluppa e acquista una specie di "leadership" nei confronti degli altri osservatori italiani. Non solo è uno dei più antichi, ma, soprattutto, la sua esistenza e la sua attività sono le più costanti nel tempo; inoltre, il livello dei lavori svolti rimane sempre piuttosto buono. Il numero delle persone che vi lavorano stabilmente è alto, per la situazione italiana: ci sono tre astronomi, due allievi retribuiti, oltre ad alcuni allievi non retribuiti. Durante il periodo Oriani l'osservatorio ebbe la possibilità di inserire nella sua attività di ricerca un numero molto elevato di allievi che, una volta formati, ottennero poi importanti incarichi. Giuseppe Brupacher, nominato allievo nel 1805, nel 1811 entrò nell'Istituto geografico di Milano. Anche Carlo Brioschi fu nominato allievo nel 1805 e nel 1819 fu nominato direttore del nuovo osservatorio di Capodimonte a Napoli⁽⁷⁾. Giovanni Santini, che era venuto a studiare a Milano nel 1805, divenne nel 1817 direttore dell'osservatorio di Padova. Nel 1810 studiò a Milano Giovanni Plana, che nel 1813 assunse la direzione dell'Osservatorio di Torino. Nel 1813 fu nominato allievo Ottaviano Fabrizio Mossotti che divenne uno dei più importanti fisico-matematici italiani dell'Ottocento. Nel 1814, infine, venne a studiare a Milano Giuseppe Bianchi destinato a fondare l'osservatorio di Modena.

Faceva parte stabilmente del personale anche un meccanico, che si occupava degli strumenti: i suoi compiti erano stati rigorosamente definiti al momento del conferimento del primo incarico e rimarranno sempre gli stessi per lungo tempo. Il macchinista della specola percepiva uno stipendio fisso e gli erano assegnati gratuitamente abitazione e laboratorio nella specola. Si doveva occupare della manutenzione degli strumenti esistenti e della costruzione di strumenti o accessori su richiesta degli astronomi. Era tenuto a dedicare all'osservatorio almeno sei ore giornaliere di lavoro, compiendo eventualmente delle ore straordinarie in caso di necessità; per il resto del tempo poteva usare il laboratorio per la sua attività privata di costruzione e vendita di strumenti. Il materiale per i lavori dell'osservatorio era pagato dall'amministrazione, mentre gli strumenti di lavoro e le spese per la manutenzione dell'officina erano a carico del macchinista. Questi aveva l'obbligo di accettare uno o più allievi, senza esigerne un compenso, per addestrarli nella professione.

Come in tutti gli osservatori professionali del periodo, l'attività osservativa predominante era l'astronomia di posizione e quindi la misura precisa delle coordinate degli oggetti celesti. Nel caso delle stelle le misure erano finalizzate

principalmente alla determinazione delle latitudini e alla compilazione di cataloghi accurati; nel caso degli oggetti in moto rispetto alle stelle fisse, quali i pianeti, la Luna, i pianetini, le comete, le misure servivano alla determinazione dei parametri orbitali. Oriani compì, con il circolo moltiplicatore di Reichenbach da tre piedi, una lunga serie di osservazioni dei solstizi per studiare la posizione dell'eclittica e l'andamento delle sue variazioni; le osservazioni furono poi continuate da Francesco Carlini. Non venivano trascurate, naturalmente, le osservazioni delle occultazioni, del Sole, e di oggetti celesti classici, quali i satelliti di Giove e l'anello di Saturno.

Le osservazioni richiedevano strumenti adeguati, e non erano solo le attività astronomiche ad esigere una dotazione strumentale: i lavori geodetici occuparono a lungo gli astronomi, e furono una costante nel corso della storia dell'osservatorio. Erano quindi necessari anche teodoliti, cerchi moltiplicatori portatili, strumenti dei passaggi portatili, e tutti gli apparati per la misura di una base geodetica (vedi nel catalogo le aste per la misura della base) e il confronto di unità di misura.

In questo primo periodo gli astronomi, spinti dalla necessità di una sempre maggior precisione nelle misure, si dimostrarono molto attenti ai progressi tecnici introdotti dai costruttori di strumenti di tutta Europa; in questo modo l'osservatorio si costituì una dotazione strumentale paragonabile a quella dei maggiori osservatori europei.

Non era facile procurarsi strumenti di qualità. In Italia non c'erano buoni costruttori e bisognava rivolgersi all'estero: questo rendeva difficili sia i contatti sia i trasporti, e tutto si complicava a causa delle condizioni politiche e delle guerre. Gli stessi costruttori, personaggi a volte stravaganti, costituivano un problema. I tempi di lavorazione di uno strumento di una certa importanza erano lunghi, il lavoro era artigianale e richiedeva una notevole abilità costruttiva; i buoni costruttori erano quindi pochi, e per questo ricevevano ordinazioni da tutta Europa. Il mercato della strumentazione scientifica non era però ancora abbastanza vasto e stabile per garantire mediamente la sopravvivenza di un numero superiore di officine di qualità: così, nei periodi in cui si trovava alle prese con molte ordinazioni, un costruttore faticava a rispettare gli impegni presi.

Tutto questo comportava spesso ritardi nella consegna degli strumenti ordinati e richiedeva grande pazienza agli astronomi. Per fare solo alcuni esempi, il quadrante murale di Ramsden era stato ordinato da Oriani nel 1786 direttamente a Londra, in una delle tappe di un suo lungo viaggio scientifico in Europa: lo strumento arrivò a Milano solo all'inizio del 1791. Cinque anni erano stati necessari anche per l'arrivo del pendolo di Arnold, mentre due cerchi ripetitori ordinati al costruttore londinese Troughton nel 1803 erano giunti nel 1815. Durante il viaggio, inoltre, gli strumenti potevano subire dei danni, come accadde, per esempio, a strumenti di Reichenbach e al cerchio meridiano di Starke.

Gli astronomi furono pronti nel cogliere lo spostamento dall'Inghilterra alla Germania del centro dell'industria meccanica di precisione all'inizio del 1800, e si rivolsero rapidamente all'officina di Reichenbach, acquistando strumenti sia astronomici che geodetici: questa attenzione alla novità è ben esemplificata dall'acquisto del cerchio moltiplicatore da 3 piedi di diametro, forse il primo di quelle dimensioni costruito da Reichenbach e uno degli strumenti meccanicamente più complessi dell'epoca, un grande saggio di abilità costruttiva.

Gli astronomi erano al corrente delle notizie e delle novità grazie agli intensi scambi epistolari con gli altri astronomi, europei ed italiani.

Oriani, in particolare, si mantenne in contatto con i più importanti colleghi e costruttori stranieri, fra i quali Maskelyne, Ramsden, Dollond, Herschel, Lalande, Laplace, Méchain. Del resto, la corrispondenza scientifica era considerata all'epoca parte integrante del lavoro di ricerca. Prova ne è che quando chiese di mettersi in pensione Oriani interruppe bruscamente tutti i contatti epistolari, mantenendo solo quello col Piazzi, a Palermo, con il quale si era instaurato un rapporto anche personale di stima ed amicizia. Questa rete vivacissima di scambi di notizie ed opinioni permetteva inoltre di essere aggiornati sui progressi della strumentazione e sulla disponibilità dei costruttori; particolarmente preziose erano le lettere del barone di Zach, che svolgeva un'importantissima opera di diffusione delle informazioni⁽⁶⁾.

Oltre che alla qualità tecnica degli strumenti, gli astronomi erano molto attenti, ovviamente, alla loro collocazione e all'esame degli errori. In questo Milano era stata all'avanguardia in quanto qui si erano applicati immediatamente i metodi elaborati da Boscovich per la verifica degli errori strumentali; in particolare erano stati analizzati con grande cura il quadrante murale e il sestante mobile di Canivet (vedi nel catalogo le schede dei due strumenti).

1.10 Problemi di stabilità

Verso la fine del periodo considerato finora fu messo in luce un fenomeno inaspettato che indicava alcuni limiti nella concezione costruttiva dell'osservatorio, posto, come tanti altri, ad un'altezza elevata sopra il livello del suolo. De Cesaris (1812) rilevò come, durante misure della posizione del Sole, il filo a piombo del quadrante di Ramsden variasse la propria posizione, indicando così uno spostamento dell'intero quadrante. Dopo aver analizzato le possibili cause d'errore, e in particolar modo l'effetto della differente esposizione delle varie parti dello strumento ai raggi solari, De Cesaris osservò che, nonostante le precauzioni prese, non riusciva ad eliminare completamente l'errore: lo attribuì a un movimento globale dell'edificio, anche se un simile fenomeno non era stato considerato prima in nessun altro osservatorio⁽⁹⁾.

Si trattava a questo punto di studiare il fenomeno sia per capirne la natura sia per ricavare le correzioni da apportare alle osservazioni. Per questo De

Cesaris osservò le indicazioni di una livella a bolla applicata al quadrante di Ramsden, rilevando spostamenti massimi in altezza di 6-7 secondi d'arco; queste prime osservazioni furono sostanzialmente confermate da altre eseguite successivamente con una livella migliore (queste osservazioni sono pubblicate in De Cesaris 1815).

Oltre ad uno spostamento verticale era presente anche uno spostamento orizzontale dell'edificio, come si poteva ricavare dalle osservazioni di una mira meridiana eseguite con lo strumento dei passaggi di Megele; in questo caso De Cesaris misurò spostamenti fino a 30 secondi d'arco nei giorni estivi (mentre nei giorni invernali erano di 5-6 secondi d'arco). Le osservazioni allo strumento dei passaggi Megele furono riprese da Bianchi (1824), che nel caso della posizione della mira meridiana misurò spostamenti di 20 secondi d'arco. Apparentemente, però, questo spostamento non influiva nello stesso modo su tutte le parti dell'osservatorio: Carlini (1820), analizzando le ascensioni rette della stella polare misurate con lo strumento dei passaggi Reichenbach su un arco di 5 anni, rileva che il movimento dell'edificio provoca uno spostamento azimutale massimo di appena 2 secondi d'arco, quindi trascurabile.

Riguardo alle cause di questi spostamenti De Cesaris avanza due ipotesi. La prima è che siano dovuti a spostamenti del terreno su cui è stato edificato il palazzo, causati da innalzamenti o abbassamenti del livello dell'acqua nel sottosuolo; la seconda, a cui viene accordato maggior credito, è che siano dovuti a una dilatazione differente delle varie parti dell'edificio, diversamente esposte al sole: gli spostamenti, anche se piccoli, sono resi più sensibili dall'altezza a cui si trova l'osservatorio. Dall'analisi fatta, De Cesaris ricava la necessità di costruire osservatori a un solo piano, come Greenwich, e di appoggiare gli strumenti su muri interni, isolati da quelli esterni che sono direttamente esposti alla luce solare.

2.1 Francesco Carlini

Nato a Milano il 7 gennaio 1783, Carlini era entrato a Brera nel 1799 dando subito buona prova di sé durante la seconda campagna geodetica per la Carta della Lombardia. Col tempo egli si era assunto l'onere delle incombenze più impegnative dell'Osservatorio e dal 1804 aveva avuto anche il compito di eseguire i lunghi calcoli necessari alla compilazione delle Effemeridi. In questo lavoro Carlini non si limitò a continuare semplicemente l'opera dei suoi predecessori: nel 1810 egli pubblicava infatti la memoria "Esposizione di un nuovo metodo di costruire le Tavole astronomiche", dove proponeva un originale procedimento che consentiva di abbreviare notevolmente il tempo necessario all'elaborazione delle tavole solari. Il metodo si rivelò così efficace che per altri due decenni le Effemeridi di Milano sarebbero state considerate le più esatte tra quelle che si pubblicavano in Europa.

Nel 1821 il personale dell'osservatorio venne impegnato nella terza grande campagna geodetica della sua storia. La Francia aveva misurato una catena di triangoli lungo il parallelo di 45° di latitudine tra la foce della Gironda e i confini occidentali della Savoia: si trattava ora di prolungare quella catena fino all'Adriatico. La maggior parte dei triangoli compresi tra Torino e l'Istria era già stata tracciata dagli astronomi di Brera e dagli ingegneri geografici dell'esercito di Napoleone durante le precedenti campagne; restavano da misurare solo alcuni triangoli tra Torino e la frontiera occidentale della Savoia. Il lavoro fu iniziato con il concorso dei governi francese, piemontese e austriaco. Ai topografi dell'esercito piemontese toccò il compito di completare la rete dei triangoli ed essi lo portarono a termine in poco meno di tre anni, nonostante le difficoltà poste dalla presenza dei rilievi alpini. Le misure astronomico-geodetiche di longitudine e di latitudine furono invece affidate all'osservatorio di Torino (allora diretto da Plana) e all'osservatorio di Milano.

Nel corso di questa campagna Carlini eseguì, in condizioni ambientali quasi proibitive, le osservazioni astronomiche sulla vetta del Colombier, un monte che forma la punta più meridionale della catena del Giura, ed effettuò sul Moncenisio una delicata serie di misure gravimetriche, basate sull'oscillazione del pendolo semplice (vedi appendice 6), che gli permisero di determinare la densità media del globo terrestre.

Egli fu inoltre incaricato di ripetere la misura del grado di meridiano eseguita ottant'anni prima dal padre Beccaria tra Mondovì e Andrate, in Piemonte. Questa nuova determinazione dimostrò con tutta evidenza l'importanza dell'influenza esercitata dalle catene montuose sulla direzione del filo a piombo: le anomalie locali della gravità provocavano infatti una deviazione complessiva delle verticali pari a 48", confermando quanto già avevano sostenuto Boscovich e Beccaria⁽¹⁰⁾. Negli anni seguenti Carlini operò anche in Veneto e in Emilia Romagna, eseguendo misure di longitudine e di latitudine

fino al 1827, quando il tracciamento del 45° parallelo tra l'Atlantico e l'Adriatico venne definitivamente completato.

2.2 La teoria della Luna

Nel frattempo l'osservatorio di Brera si era impegnato in un altro importante lavoro: il perfezionamento della teoria della Luna. Fin dal 1813, su suggerimento di Oriani, Carlini si era dedicato con Plana - allora appena nominato direttore dell'osservatorio di Torino - all'elaborazione di una teoria analitica del moto della Luna. Tale proposito era per quell'epoca assai ambizioso, perché il moto del nostro satellite, influenzato da centinaia di perturbazioni aventi periodi e ampiezze diversissime, è estremamente irregolare e costituisce tuttora uno dei capitoli più ardui della meccanica celeste. A quei tempi, per calcolare la posizione della Luna, gli astronomi erano costretti a integrare di volta in volta le previsioni teoriche con il risultato delle osservazioni. Perciò il grande fisico e matematico francese Pierre-Simon de Laplace aveva proposto all'Accademia delle scienze di Parigi di destinare il Premio di astronomia per l'anno 1820 a chi avesse formulato una teoria analitica capace da sola di determinare le posizioni della Luna con la stessa precisione dei procedimenti semiempirici allora in uso. Plana e Carlini, già molto avanti negli studi, sottoposero all'Accademia il risultato delle loro ricerche e vinsero il premio a pari merito con Damoiseau.

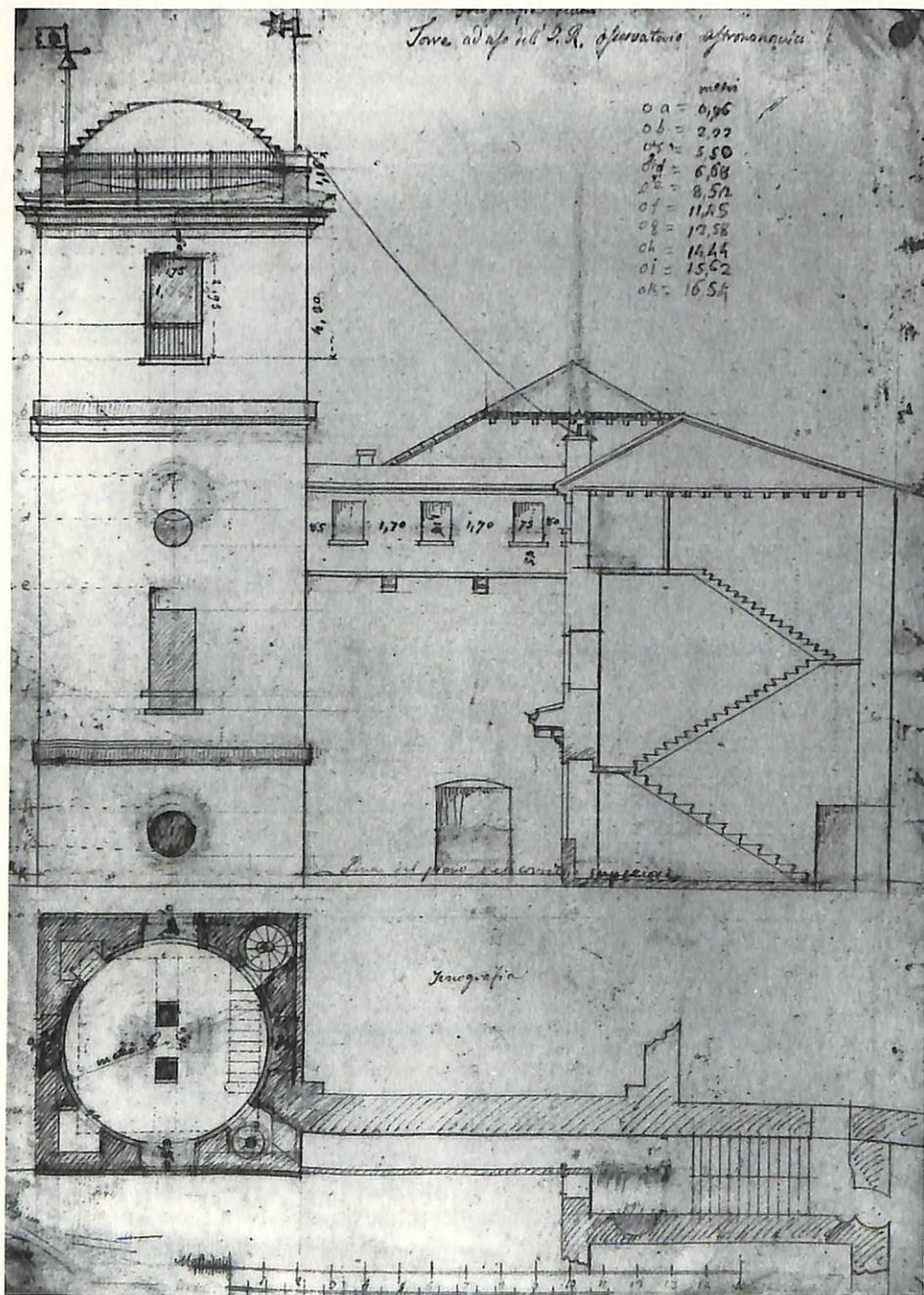
Per qualche anno i due seguitarono a sviluppare insieme la teoria della Luna, ma poi, in seguito a divergenze, interruppero la loro collaborazione.

Plana riprese daccapo tutto il lavoro e lo pubblicò da solo nel 1832 ottenendo fama e riconoscimenti prestigiosi. Carlini, invece, continuò per tutta la vita ad approfondire la teoria della Luna senza mai giungere ad una versione definitiva.

Maggiore successo ebbe piuttosto la sua nuova edizione delle tavole solari che, pubblicate nel 1832, vennero subito adottate nel calcolo delle Effemeridi italiane e straniere e restarono in vigore fino al 1860.

2.3 L'arrivo del cerchio meridiano di Starke

Nonostante questi pregevoli lavori, l'osservatorio di Milano si era avviato verso una fase di lento ma progressivo declino. Dopo la restaurazione del dominio austriaco sulla Lombardia, il governo di Vienna si era dimostrato sempre meno sollecito nei confronti della specola di Brera, riducendo sistematicamente i fondi destinati alla ricerca e al personale. Così, mentre fino al 1816 l'organico dell'osservatorio comprendeva tre astronomi, assistiti da numerosi allievi stipendiati o volontari, dopo il ritiro di Oriani erano rimasti in carica solo De Cesaris e Carlini e il governo non aveva più nominato un terzo astronomo. Anche l'acquisizione di nuovi strumenti procedeva con



7 Disegni della torre del cerchio meridiano di Starke.

estrema lentezza; basti pensare che un telescopio di 32 cm di apertura costruito e inviato da Amici agli astronomi di Milano, considerato uno degli strumenti più grandi e più perfezionati dell'epoca al momento dell'arrivo a Brera, rimase senza un'adeguata collocazione per circa 30 anni. E nemmeno allora fu adeguatamente montato (vedi par.2.4).

Nel 1825 la visita dell'imperatore d'Austria alla specola sembrò incoraggiare la speranza di un cambiamento: in quell'occasione, infatti, Francesco I dispose personalmente che la strumentazione fosse potenziata con l'acquisto di un moderno cerchio meridiano costruito da Starke presso l'Istituto Politecnico di Vienna. Ma le attese degli astronomi milanesi furono presto ridimensionate perchè nello stesso anno il governo prescrisse che l'istruzione pratica degli allievi sul modo di eseguire i calcoli e sull'uso degli strumenti (metodo che per vent'anni aveva dato ottimi risultati) fosse convertita in un corso di lezioni accademiche. Ciò equivaleva a sottrarre uno degli astronomi alle osservazioni e comportava, inoltre, il rischio che l'addestramento pratico degli allievi venisse col tempo soppiantato dall'insegnamento teorico. Quattro anni più tardi il governo riduceva anche il numero degli allievi stipendiati, che passarono da tre a due.

Il 18 aprile 1832 morì De Cesaris e Carlini gli subentrò come primo astronomo e direttore della Specola. Al suo posto, però, il governo austriaco non nominò un altro secondo astronomo. Fu allora che Oriani, per aiutare concretamente l'Osservatorio, dispose nel suo testamento un lascito di 200.000 lire destinato al mantenimento di un secondo astronomo e di un terzo allievo. Nel novembre del 1832 morì anche Oriani.

Nel 1833 giunse all'osservatorio il cerchio meridiano di Starke e subito nacquero dissensi a proposito della sua collocazione. Alla fine il governo decise che lo strumento fosse posto sulla torre dell'antica chiesa trecentesca di S. Maria nella Brera, che era stata sconsacrata durante il periodo napoleonico per accogliere la Pinacoteca.

Il campanile, di forma quadrata, aveva mura estremamente spesse; la torre fu innalzata mantenendo la forma originaria e lo spessore dei muri. La sala del cerchio meridiano fu posta alla sua sommità: il pavimento appoggiava su un arco ancorato alle pareti est e ovest della torre, e la sala era stata resa cilindrica con muri interni (il suo diametro era di circa 6 metri). Negli angoli formati fra i muri esterni (meno spessi di quelli del resto della torre) e quelli interni erano state poste le scale a chiocciola e due gabinetti di meteorologia. Le pareti e il soffitto della sala erano tagliate in direzione nord-sud dall'apertura che permetteva le osservazioni del transito al meridiano degli oggetti celesti. Il cerchio meridiano fu collocato nell'ottobre del 1834 e circa un mese dopo cominciarono le osservazioni.

Non fu una scelta felice. La sala era troppo elevata sul livello del suolo, circa 25,5 metri, e soggetta quindi ai movimenti complessivi del fabbricato, nonostante lo spessore dei muri; questo, anzi, poteva costituire un problema,

perchè rendeva lento il raggiungimento dell'equilibrio termico fra interno ed esterno. I lavori, inoltre, non erano stati eseguiti con la necessaria cura e addirittura i pilastri di sostegno dello strumento non erano stati isolati dal pavimento; ci si accorse di questo solo molto tempo dopo, durante i lavori di risistemazione della sala fatti eseguire attorno al 1874 da Schiaparelli mentre lo strumento si trovava presso la Filotecnica perchè venissero corretti alcuni suoi difetti (Schiaparelli 1875). Si spiegavano così certi errori che avevano influenzato negativamente le già deludenti prestazioni dello strumento. Durante quei lavori fu anche allargata l'apertura nelle pareti e nel soffitto, e cambiato il relativo sistema di apertura e chiusura, che era poco comodo ed efficace⁽¹¹⁾.

2.4 La nuova torre per il telescopio di Amici

Fino a dopo la prima guerra mondiale i telescopi principali dell'osservatorio furono dei rifrattori. Nel primo periodo di vita dell'osservatorio erano stati acquistati dei telescopi riflettori, a volte strumenti di costruttori prestigiosi dell'epoca quali Short e Herschel⁽¹²⁾, ma il tipo di ricerche condotte dagli astronomi (dedicate principalmente alla astrometria) non richiedeva l'uso di riflettori, come del resto avveniva in numerosi altri osservatori, ed essi furono sempre sottoutilizzati⁽¹³⁾.

Nel 1837 sembra che si debba finalmente colmare questa lacuna, in quanto vengono compiuti i primi passi effettivi per collocare in una sistemazione adatta un telescopio riflettore di Amici⁽¹⁴⁾. Già da tempo l'osservatorio possedeva due riflettori del costruttore fiorentino. Nel 1811 Amici aveva regalato uno specchio di 17.5 cm di apertura (6.5 pollici) e di 2.5 m di lunghezza focale (7.6 piedi) perchè venisse messo alla prova dagli astronomi⁽¹⁵⁾. Il giudizio fu molto favorevole, tanto che gli astronomi ordinarono uno specchio di dimensioni maggiori, che sarebbe stato il più grande costruito in Italia. Questo giunse nel novembre dello stesso anno; aveva un'apertura di quasi 30 cm e una lunghezza focale di 5.5 m (17 piedi). Ripetute prove eseguite osservando oggetti terrestri dimostrarono la sua precisione costruttiva, e gli astronomi richiesero subito i fondi necessari per costruire sia una montatura adatta sia una nuova sala che permettessero di sfruttare appieno le potenzialità dello strumento: i fondi, però, non vennero concessi, e per lungo tempo non vi furono sviluppi positivi. Questa situazione fu prodotta da un concorso di cause differenti. Fu probabilmente importante il cambiamento politico determinato dal ritorno a Milano degli austriaci, in conseguenza della caduta di Napoleone nel 1814. Inoltre Oriani si ritirò nel 1817 dall'attività dell'osservatorio e venne così a mancare nei riguardi dell'amministrazione austriaca un interlocutore conosciuto e stimato internazionalmente: De Cesaris e Carlini non avevano la stessa immagine pubblica, pur essendo scienziati di buon livello. Probabilmente giocarono a sfavore anche problemi

di tipo economico, dato che i fondi richiesti erano abbastanza elevati: in realtà questi problemi avrebbero potuto essere risolti, come si vide più tardi con lo stanziamento straordinario per l'acquisto e la collocazione del circolo meridiano di Starke: in questo caso però si trattava di un "dono", una concessione personale fatta dall'imperatore, quindi inserita in un'operazione completamente diversa anche dal punto di vista del significato simbolico in essa racchiuso di interessamento del centro dell'impero verso una sua importante periferia.

Negli anni 1837-1838 Carlini propose di utilizzare per il collocamento del telescopio di Amici una parte dei fondi lasciati per testamento da Oriani (morto nel 1832) all'osservatorio. Questo permise di sbloccare la situazione (ms 16, ms 17), e si cominciò a progettare la nuova torre per ospitare lo strumento, che fino a quel momento era stato collocato in posizione verticale nella grande sala a occidente. Nel 1839 Carlini portò lo specchio a Firenze da Amici per una pulizia accurata; Amici, su richiesta di Carlini, doveva anche lavorare lo specchio in modo da diminuirne la lunghezza focale, quindi l'ingombro complessivo del telescopio, rendendo più semplice la sua collocazione. Le sfortune del telescopio non erano però finite: durante la lavorazione uno degli assistenti di Amici fece cadere lo specchio rovinandolo in modo irreparabile, e si dovette costruirne un altro. Quest'ultimo aveva un diametro di 32 cm circa (1 piede) e una lunghezza focale di 3.9 m (12 piedi).

Nel frattempo era iniziata la costruzione della torre che doveva ospitare il telescopio: questa fu posta a nord-est, dalla parte opposta del cortile interno su cui si affacciava il corpo principale dell'osservatorio.

Furono anche costruiti un nuovo corridoio di accesso alla torre dello strumento dei passaggi Starke, sul prolungamento di quello che conduceva alla nuova torre, e alcune stanze al livello delle sale inferiori dell'osservatorio: in questo modo le tre parti che componevano l'osservatorio erano collegate fra loro in modo comodo e pratico. I lavori terminarono nel 1842 e il telescopio di Amici fu collocato su una montatura provvisoria di legno. Non fu, però, mai costruita la montatura definitiva, e il telescopio non venne quindi utilizzato al massimo delle sue possibilità: in effetti con esso non si fecero lavori di rilievo.

2.5 L'ultimo periodo della direzione Carlini

Nonostante le circostanze sfavorevoli, l'osservatorio di Brera riusciva a produrre ancora osservazioni utili e lavori significativi. Dopo aver pubblicato le nuove tavole solari, Francesco Carlini iniziò, al circolo moltiplicatore di Reichenbach, una lunga serie di misure di ascensioni rette della Luna ed eseguì molte osservazioni di solstizi. Si decise inoltre a pubblicare qualche frammento dei suoi studi sulla teoria della Luna e alcuni notevoli lavori sulla rifrazione atmosferica.

I corsi di astronomia erano stati nel frattempo affidati a Paolo Frisiani (1797-

1880), che era entrato nella Specola nel 1820 e aveva ottenuto la nomina a secondo astronomo nel 1834. Dotato di ingegno più speculativo che pratico e assorbito prevalentemente dagli studi matematici, Frisiani non si occupava delle osservazioni. Pochi furono quindi i lavori prettamente astronomici da lui eseguiti durante i quarant'anni trascorsi a Brera: un progetto per la montatura del telescopio di Amici, un altro per la realizzazione di un curioso fotometro stellare, alcuni studi sull'oscillazione di pendoli e quattro memorie, di notevole interesse, sul magnetismo terrestre. Altro allievo della Specola, nominato nel 1831, era Karl Kreil (1798-1862), già assistente della Specola di Vienna. Fino al 1836 Kreil si dedicò all'osservazione delle comete ed eseguì diversi studi tra i quali un pregevole lavoro sulla librazione della Luna. Egli fu inoltre il primo osservatore addetto al circolo meridiano di Starke, con il quale determinò le declinazioni stellari che servirono successivamente a Carlini per la sua teoria della rifrazione.

Nel 1836 il grande matematico tedesco Karl Friedrich Gauss invitò l'osservatorio di Brera ad aderire all'Associazione magnetica di Gottinga e da quel momento Karl Kreil si dedicò con estremo impegno alle misure di declinazione magnetica (vedi scheda del catalogo sul declinometro di Meyerstein), compito che lo assorbì fino al 1839 quando passò all'osservatorio di Praga. Il posto di primo allievo venne allora rilevato da Roberto Stambucchi (1807-1855), che proseguì le misure magnetiche.

Durante questo periodo la Specola di Brera si occupò ancora di geodesia partecipando alla triangolazione topografica di Milano (1844), ma i lavori eseguiti presso di essa non erano certo paragonabili alle grandi imprese geodetiche compiute nel passato.

Nel frattempo Carlini aveva riorganizzato il servizio meteorologico, portando da due a sette il numero delle osservazioni quotidiane. Lo scopo era quello di giungere a una migliore conoscenza delle variazioni climatiche di Milano, ma in tal modo i già pochi allievi dell'osservatorio erano costretti a dividere il loro tempo tra lo studio e queste occupazioni secondarie senza potersi dedicare alle osservazioni astronomiche. Alcuni di essi dovevano inoltre procacciarsi da vivere svolgendo altre attività, data l'esiguità dell'assegno mensile corrisposto dall'amministrazione di Brera.

La diminuzione del potenziale di ricerca, sommata al peso della compilazione delle Effemeridi - ormai del resto superate da altre pubblicazioni straniere - e all'attività delle sezioni geomagnetiche e meteorologiche, determinarono infine un periodo di decadenza per l'osservatorio milanese.

Avrebbe scritto più tardi Schiaparelli, successore di Carlini: "... nel decennio 1850-1860 altro quasi non ne rimaneva che la ricordanza degli antichi fasti, e il nome di un vecchio illustre. E dal 1830 in poi non uscirono più dallo studio astronomico di Brera tanti uomini distinti, e simili a quelli che lo avevan reso celebre fino a quell'epoca."

Nel 1859, in seguito all'armistizio di Villafranca, la Lombardia veniva annessa

al Piemonte e l'osservatorio di Brera passava alle dipendenze del governo di Torino. La specola milanese si trovava allora nel momento più acuto della crisi. Frisiani si era da poco ritirato in pensione e a disposizione di Carlini, ormai quasi ottantenne, erano rimasti solo l'assistente Giuseppe Martelli e gli aiutanti Curzio Buzzetti, Giovanni Capelli e Ernesto Sergent, interamente assorbiti dal calcolo delle Effemeridi e dagli obblighi della sezione meteorologica. Per salvare le sorti dell'osservatorio urgeva immettervi nuove energie. Pienamente consapevole dell'importanza dell'istituzione milanese, il governo di Torino provvide subito a nominare come secondo astronomo di Brera il piemontese Giovanni Virginio Schiaparelli (1835-1910).

3.1 La direzione di G.V. Schiaparelli

Nato a Savigliano (Cuneo), Schiaparelli era stato inviato all'estero dal Ministero piemontese della Pubblica Istruzione per seguire dei corsi di perfezionamento; al momento della nomina a Brera (1859) si trovava presso l'osservatorio di Pulkovo (vicino a Leningrado), dove stava completando la sua formazione pratica sotto la guida di Otto Struve e Friedrich Winnecke. Non poté quindi prendere servizio effettivo che nel giugno dell'anno seguente. All'arrivo di Schiaparelli, la specola di Brera poteva disporre per le osservazioni extrameridiane soltanto del settore equatoriale di Sisson. Questo strumento, a quasi un secolo dalla sua installazione, era da considerarsi oramai superato, sebbene Carlini ne avesse migliorato l'ottica sostituendo l'obiettivo originario con un altro, del Plöss, di 10 cm di apertura. Con questo modesto telescopio Schiaparelli scoprì, il 29 aprile 1861, un nuovo asteroide (il 69° della serie iniziata con la scoperta di Cerere) e lo chiamò Esperia, dal nome con cui i Greci denominavano l'Italia. Le osservazioni proseguirono sino alla metà di luglio permettendo di rilevare dati sufficienti per calcolare con precisione l'orbita del pianetino.

La scoperta indusse il ministro della pubblica istruzione a stanziare i fondi necessari per dotare la specola milanese di uno strumento più moderno e potente: un rifrattore Merz di 22 cm di apertura, il cui acquisto venne decretato nel 1862 (vedi la scheda del catalogo). Consegnato all'osservatorio tre anni più tardi, lo strumento rimarrà smontato e imballato fino al 1874, quando lo si poté finalmente collocare sulla torre nord-est, nella cupola che fino ad allora aveva ospitato il telescopio di Amici.

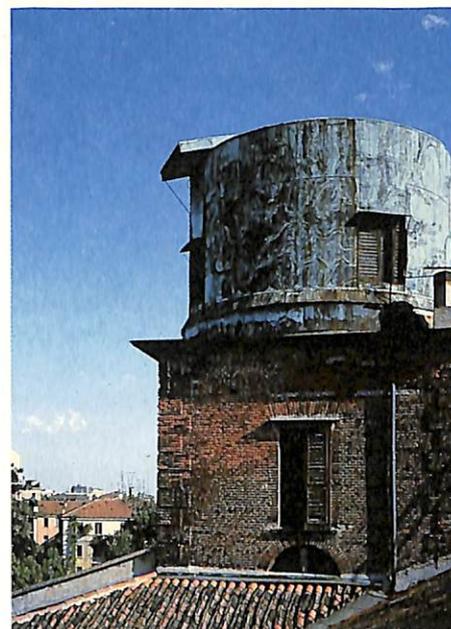
Nello stesso periodo Schiaparelli avviava altre ricerche che avrebbero ben presto reso il suo nome noto in tutto il mondo scientifico. A partire dal 1860 egli si era dedicato allo studio della distribuzione delle stelle nella Galassia, iniziando la compilazione di un grande catalogo di stelle equatoriali. Nel frattempo venivano ripresi da lui anche gli studi sulle comete: Schiaparelli osservò tutte le comete visibili nel cielo di Milano.

Il 29 agosto 1862 moriva Carlini e Schiaparelli assumeva la carica di primo astronomo e direttore dell'osservatorio. A differenza di Boscovich, Oriani e De Cesaris, Carlini non aveva lasciato alcun vero erede del suo sapere.

Con la sua morte, divenne quindi inevitabile una svolta nella storia dell'osservatorio e fu appunto Schiaparelli che si trovò ad esserne l'artefice principale.

A questo proposito egli aveva già maturato idee ben chiare durante i due anni trascorsi a Brera. Innanzitutto, per ricondurre l'osservatorio all'efficienza di un tempo, occorreva accrescere il personale, portando ad almeno tre il numero degli astronomi e a due quello degli allievi.

Bisognava inoltre riallacciare le relazioni con gli altri osservatori, acquistare strumenti più moderni e trovare fondi per l'aggiornamento della biblioteca



8 Cupola del rifrattore Merz da 22 cm di diametro.

nella specola. Tutto ciò sarebbe stato però vano se il personale, anziché dedicarsi completamente agli studi e alle osservazioni astronomiche, avesse dovuto occuparsi anche delle Effemeridi e della sezione meteorologica.

Il governo di Torino venne sollecitamente incontro alle necessità della specola aumentandone il bilancio e triplicando lo stipendio del personale. Intanto, grazie alla fama conquistata, Schiaparelli cominciava ad attirare intorno a sé nuovi e valenti allievi, e quando nel 1864 Buzzetti (l'ultimo discepolo di Carlini) lasciò la specola per dedicarsi all'insegnamento universitario, già da un anno erano entrati nell'osservatorio come assistenti Eugenio Beltrami e Giovanni Celoria. Il primo, divenuto poi matematico insigne, passò presto alla cattedra delle università di Bologna, Pisa, Pavia e

Roma. Celoria, piemontese come Schiaparelli, restò invece a Brera, e divenuto col tempo il suo più stretto collaboratore, subentrò nel 1900 al maestro nella direzione dell'osservatorio.

3.2 L'oneroso impegno delle Effemeridi e delle misure meteorologiche

Maggiori ostacoli incontrarono i progetti di Schiaparelli sul piano del lavoro. Il Ministero della Marina si oppose infatti alla soppressione delle Effemeridi, stabilendo anzi che queste diventassero l'Almanacco nautico della marina italiana. Così nel 1864 le Effemeridi milanesi furono accresciute e perfezionate, in modo da comprendere tutto ciò che si trovava nelle equivalenti pubblicazioni straniere. Le carte nautiche, però, erano per lo più riferite al meridiano di Greenwich o di Parigi, mentre le tavole astronomiche di Brera venivano date per il meridiano di Brera: il volersene servire ai fini della navigazione risultava così un'inutile complicazione. Con grande sollievo degli astronomi milanesi, il proposito venne infine accantonato e Schiaparelli poté stabilire che la serie delle Effemeridi si concludesse al centesimo volume, corrispondente all'anno 1874.

Più delicato il problema posto dalla sezione geomagnetica e da quella

meteorologica. La collocazione di queste due stazioni di rilevamento era indubbiamente poco felice: il metallo degli edifici e i veicoli che circolavano in prossimità dell'osservatorio disturbavano le misure di declinazione magnetica; per di più il tetto del palazzo di Brera non era certo il luogo ideale per effettuare delle buone misure meteorologiche, per esempio la rilevazione della temperatura. D'altro canto l'attività delle due sezioni non poteva essere soppressa a cuor leggero poichè i dati accumulati formavano serie storiche pressochè uniche per continuità e lunghezza. Schiaparelli fu così costretto a mantenere in vita la sezione meteorologica e quella magnetica nella speranza, poi dimostratasi vana, che qualche altra istituzione potesse un giorno prendersi cura di quelle misure. Nonostante queste difficoltà, alla fine del primo decennio della direzione di Schiaparelli, l'osservatorio aveva prodotto una tale quantità di lavori da poter essere considerato di nuovo il più attivo d'Italia.

3.3 Le stelle cadenti

Particolarmente importanti furono in questo primo periodo gli studi sulla natura e l'origine delle stelle cadenti. Gli astronomi dell'epoca sapevano da tempo che il fenomeno è periodico e che si verifica a quote assai elevate, ma non c'era accordo sulla sua natura. Schiaparelli aveva avanzato l'ipotesi della natura cometaria delle stelle cadenti e riuscì ad argomentare la sua tesi in maniera estremamente soddisfacente nel 1866. Le sue pubblicazioni sull'argomento richiamarono l'attenzione degli studiosi sull'osservatorio di Brera e meritavano a Schiaparelli riconoscimenti prestigiosi: fra gli altri la medaglia d'oro della Società italiana delle scienze, detta "dei Quaranta" (1868), il premio Lalande dell'Accademia delle scienze di Francia (1868), la medaglia d'oro della Società reale astronomica di Londra (1872) e il premio Cothenius dell'Accademia germanica Leopoldina Carolina (1876). Schiaparelli espose la sua teoria nelle memorie "Intorno al corso e all'origine probabile delle stelle meteoriche". In esse Schiaparelli dimostrava che le orbite descritte nello spazio dagli sciami di stelle cadenti coincidono per tipo, forma e dimensioni con quelle delle comete: il corso delle Perseidi (che si osservano il 10 agosto) corrispondeva infatti con quello della cometa 1862 III, come se "la cometa stessa facesse parte della turba delle Perseidi, nè più nè meno che se fosse una Perseide ella stessa".

Schiaparelli continuò anche in seguito a occuparsi delle stelle cadenti, ma pubblicò i suoi lavori solo quando poté avvalersi dell'opera di Ernst Tempel, valente astronomo e abilissimo tipografo che, dopo esser stato espulso per ragioni politiche nel 1870 dalla Francia, era stato accolto presso la specola milanese, dove aveva eseguito numerose osservazioni e riprodotto i disegni di Schiaparelli.

Nel frattempo, Giovanni Celoria si occupava della redazione delle Effemeridi,

attività che tuttavia non gli impedì di dedicarsi allo studio delle orbite dei pianetini. Egli affiancava inoltre lo Schiaparelli nelle osservazioni al circolo meridiano di Starke e nel 1872 pubblicava i risultati ottenuti: circa 9000 posizioni stellari che più tardi sarebbero servite alla compilazione di un grande Catalogo stellare pubblicato dalla specola milanese nel 1901. Schiaparelli non fu completamente soddisfatto delle misure: il circolo di Starke non permetteva di raggiungere la precisione che sarebbe stata necessaria, e comunque era di uso laborioso e faticoso. L'astronomo progettò allora di ampliare in modo significativo l'osservatorio costruendo nell'orto botanico un padiglione in cui collocare un nuovo cerchio meridiano: in questo modo, superate le difficoltà nell'uso del cerchio di Starke, si sarebbe potuto ottenere un catalogo stellare paragonabile per accuratezza a quelli che si stavano compilando in altri osservatori (ms 42). Il progetto non fu però realizzato.

3.4 Lavori di geodesia e magnetismo

Anche la sezione geodetica dell'osservatorio aveva ripreso a pieno ritmo le attività e aveva raggiunto subito significativi risultati. Nel 1864 Schiaparelli rappresentava l'Italia alla prima Conferenza generale di Berlino sulle misure di grado di meridiano nell'Europa centrale ed esponeva il progetto delle osservazioni geodetiche del Regno. Era stato inoltre nominato membro per l'Italia della Commissione geodetica internazionale e nel 1865 partecipava alla fondazione della Commissione geodetica italiana. Nell'ambito di questa attività furono acquistati dei nuovi strumenti.

Il primo di essi, uno strumento dei passaggi portatile di Ertel, acquistato nel 1866 per misure di differenze di longitudine, non fu praticamente mai usato a causa della sua costruzione non sufficientemente accurata. Dopo alcune riparazioni e aggiunte eseguite da Salmoiraghi lo strumento fu inviato, nel 1875 o nel 1876, all'Osservatorio di Arcetri⁽¹⁶⁾.

Nel 1870 gli astronomi braidensi furono impegnati in una serie di misure per determinare le differenze di longitudine fra l'Osservatorio di Brera, l'Osservatorio di Neuchâtel e la stazione del Sempione; le misure consistevano in osservazioni del transito al meridiano di stelle osservate a Milano da Schiaparelli e Celoria, e da Plantamour e Hirsch nelle altre due stazioni (Schiaparelli-Celoria 1875): le tre località erano state unite con un collegamento telegrafico attraverso il quale venivano scambiati i segnali di tempo di confronto⁽¹⁷⁾.

Per queste misure fu acquistato per conto della Commissione geodetica (o Commissione del grado europeo) un nuovo strumento portatile dei passaggi di Ertel che, per evitare possibili errori legati al movimento del fabbricato, veniva collocato in una torretta costruita appositamente nell'Orto botanico. Per la copertura di questa fu usato il cono della torretta nord-ovest della

terrazza del padiglione di Boscovich, quella che aveva ospitato il circolo di Reichenbach. Lo strumento, migliore del precedente anche se non ancora senza difetti, fu probabilmente reso alla Commissione nel 1874⁽¹⁸⁾. Nella stessa torretta fu posto nel 1875 uno strumento portatile dei passaggi di Repsold, usato da Celoria per la determinazione delle differenze di longitudine fra Milano, Padova, Vienna e Monaco e fra Milano, Padova, Genova e Napoli⁽¹⁹⁾. Proseguivano intanto anche gli studi sul magnetismo terrestre.

Particolarmente importanti furono, a questo proposito, alcune memorie nelle quali Schiaparelli pose a confronto la serie storica delle declinazioni magnetiche registrate a Brera fino al 1863 con i cicli undecennali delle macchie solari. Nel 1872 veniva inoltre condotta una fitta serie di osservazioni magnetiche (eseguite di tre ore in tre ore) allo scopo di determinare le leggi della variazione diurna della declinazione magnetica a Milano.

Nonostante questa intensa attività, Schiaparelli trovò il tempo per dedicarsi anche a numerosi studi sull'astronomia antica⁽²⁰⁾.

3.5 Gli studi su Marte e il nuovo rifrattore Merz-Repsold

Nel 1873 veniva pubblicato l'ultimo numero delle Effemeridi di Milano e il personale della specola, ormai alleggerito da questo gravoso compito, poteva meglio dedicarsi agli studi e alle osservazioni astronomiche. Nello stesso anno anche la dotazione strumentale veniva migliorata: il circolo di Starke era inviato all'Officina filotecnica Salmoiraghi e Rizzi per la sostituzione delle parti difettose, circostanza che consentì anche la ristrutturazione del padiglione dello strumento. All'inizio del 1875 entrava inoltre in funzione l'equatoriale Merz di 22 cm e Schiaparelli poteva così dare inizio alle sue ricerche sulla topografia del pianeta Marte.

Queste ricerche proiettarono la sua fama anche al di fuori del ristretto ambito degli scienziati; suo malgrado Schiaparelli diede adito con le sue ricerche a una serie di speculazioni sull'abitabilità del pianeta Marte che poco avevano a che fare con le sue intenzioni.

Quando si accinse a intraprendere questi studi, le conoscenze su Marte erano assai scarse: le mappe consistevano in vaghi disegni che rappresentavano alcune macchie color rosso-ocra (i cosiddetti "continenti"), altre zone più oscure (gli "oceani") e due macchie bianche in corrispondenza delle regioni polari. Convinto che si potesse far di meglio, Schiaparelli si propose di eseguire il primo vero rilievo cartografico. Servendosi del nuovo Merz, determinò dapprima l'esatta direzione dell'asse di rotazione del pianeta e poi molte decine di punti della sua superficie, che utilizzò come base del rilevamento. La "levata trigonometrica" del disco fu eseguita nel 1877 in occasione dell'opposizione favorevole del pianeta e l'anno successivo Schiaparelli presentò all'Accademia dei Lincei la sua prima carta di Marte.

Oltre alle configurazioni già note, la nuova carta mostrava un'infinità di dettagli prima sfuggiti all'osservazione: in particolare le vaste distese dei continenti apparivano solcate da una fitta rete di linee scure, stranamente diritte e nette, subito denominate "canali" da padre Secchi, anch'egli interessato all'osservazione di Marte. A questo proposito Schiaparelli scriveva qualche anno più tardi:

"Che del resto le linee dette canali siano veramente grandi solchi o depressioni della superficie del pianeta destinate al passaggio di masse liquide, e costituiscano su di esso un vero sistema idrografico, è dimostrato dai fenomeni che in quelli si osservano durante lo struggersi delle nevi boreali ... queste, nello sciogliersi appaiono circondate da una zona oscura, formante una specie di mare temporario. In tale epoca i canali delle regioni circostanti si fanno più neri e più larghi, ingrossando al punto da ridurre, in un certo momento, ad isole di poca estensione tutte le aree gialle comprese fra l'orlo della neve e il 60° parallelo nord. Tale stato di cose non cessa, se non quando le nevi, ridotte ormai al minimo di estensione, cessano di struggersi. Si attenuano allora le larghezze dei canali, scompare il mare temporario, e le aree gialle riprendono l'estensione primitiva. Le diverse fasi di questa grandiosa operazione si rinnovano ad ogni giro di stagione ed i loro particolari si son potuti osservare con molta evidenza nelle opposizioni 1882, 1884, 1886, quando il pianeta presentava allo spettatore terrestre il suo polo boreale.

L'interpretazione più naturale e più semplice è quella che abbiamo riferita, di una grande inondazione prodotta dallo squagliarsi delle nevi; essa è interamente logica, e sostenuta da evidenti analogie con fenomeni terrestri". Il rilievo di Marte destò subito enorme interesse, e portò all'acquisto di uno strumento ancora più potente, un rifrattore Merz-Repsold di 50 cm di apertura (vedi scheda del catalogo).

Questo acquisto fu deciso in tempi molto rapidi. Su consiglio di Quintino Sella, suo amico da tempo, Schiaparelli aveva avanzato ufficialmente la richiesta alla fine della lettura della Memoria su Marte svoltasi all'Accademia dei Lincei il 7 aprile 1878, motivandola con la necessità di continuare gli studi su Marte e sulla sua morfologia superficiale, cioè sui canali. Anche in un successivo colloquio con il re Umberto I e la regina Margherita, Schiaparelli aveva fatto leva su Marte nel presentare la richiesta del nuovo strumento, ottenendo il sostegno dei reali. Per l'acquisto doveva essere approvata una legge apposita e la richiesta fu avanzata in parlamento dal ministro della Pubblica Istruzione, De Sanctis: il progetto di legge prevedeva uno stanziamento di 250000 lire scaglionato su tre anni per un telescopio con obiettivo di 49 cm, per tutti gli accessori e per la collocazione in una apposita cupola. La discussione alla Camera dei deputati si svolge nel giugno dello stesso anno e, come risulta dagli Atti parlamentari, tocca vari punti. Qualcuno motiva il suo voto negativo con la considerazione che le condizioni economiche non erano così floride da permettere una spesa di questo tipo, e dicendo di preferire una

spesa per l'educazione popolare e l'istruzione generale piuttosto che per un solo grande progetto. Nel corso di questo intervento viene anche espressa una generale opposizione alla tassa sul macinato, argomento allora di stretta attualità. Altri avanzano considerazioni sulla posizione dell'osservatorio di Milano, posto quasi nel centro della città, e sotto un cielo considerato poco favorevole per osservazioni raffinate. Si discute se non debba contribuire alla spesa anche il Comune di Milano e poi si parla della situazione degli altri osservatori italiani; su questo argomento si rileva che sono troppi, in confronto ad altri paesi, e che, forse a causa del numero, molti hanno una dotazione strumentale e un personale ridottissimi, inadatti a lavori di ricerca di una qualche originalità e quindi limitati a sole funzioni didattiche. Fra le repliche alle critiche c'è un lungo intervento di Quintino Sella, che naturalmente sostiene a spada tratta il finanziamento. Come si vede, una discussione articolata, e per certi versi moderna; non mancano cadute nella retorica, con inevitabili richiami a Galilei e alla passata gloria astronomica italiana, ma sono abbastanza contenute, e complessivamente gli interventi rimangono su un piano di concretezza. Alla fine la legge fu approvata, a scrutinio segreto, con 192 voti favorevoli contro 37 contrari, una maggioranza decisamente larga secondo il giudizio di Quintino Sella.

Il telescopio, il più grande esistente allora in Italia, giunse all'osservatorio nella primavera del 1882⁽²¹⁾. A causa delle sue dimensioni, nessuna delle sale già esistenti era in grado di ospitarlo.

Per questo fu necessario modificare la struttura dell'osservatorio, demolendo quella sala ottagonale progettata da Boscovich che aveva costituito il primo nucleo dell'osservatorio, e costruendo al suo posto una nuova sala, di forma circolare con un diametro di 11.5 m. I lavori cominciarono nel 1880, e nello stesso anno furono praticamente completate le parti in muratura; sorsero però delle difficoltà nella costruzione della cupola mobile che doveva coprire la sala, e i lavori terminarono solo nel 1885, ritardando così la sistemazione del telescopio; le osservazioni regolari cominciarono l'anno successivo, all'inizio di maggio⁽²²⁾.

3.6 La controversia sull'esistenza dei canali

Durante l'opposizione del 1881-1882 Schiaparelli credette di aver scoperto la "geminazione" dei canali: alcuni di questi si sarebbero trasformati d'un tratto in una coppia di linee parallele e dopo qualche giorno si sarebbero ridotti a canali semplici o sarebbero spariti del tutto. Nel corso dell'opposizione il pianeta venne osservato attentamente da molte altre specole, ma i risultati furono contrastanti. Mentre alcuni astronomi confermarono l'esistenza delle sottili linee oscure, diversi altri non ne videro la benchè minima traccia.

Dirimere la questione non era così semplice perchè Marte costituiva notoriamente un soggetto molto "difficile" per gli osservatori. Il mondo



9 L'osservatorio del 1872.

scientifico finì letteralmente per dividersi sulla questione dei canali di Marte. Tra coloro che negavano la loro esistenza vi erano astronomi insigni come Asaph Hall, Edward Maunder di Greenwich, Eugene Antoniadi di Meudon (Parigi) e Karl Graff, direttore dell'osservatorio di Bregendorf (Amburgo). Gli uomini dei "canali", oltre a Schiaparelli, erano invece William Pickering, noto astrofisico di Harvard, e Percival Lowell che, nel suo osservatorio privato di Flagstaff (Arizona), era divenuto un esperto dei pianeti e delle loro atmosfere. In Italia i canali furono visti anche dal fisico e astronomo Vincenzo Cerulli, che verso la fine dell'Ottocento aveva costruito un suo osservatorio privato a Teramo. Fu proprio Cerulli a impostare la soluzione corretta del problema dei canali; secondo la sua interpretazione i canali non erano una realtà fisica, ma piuttosto il risultato di un processo di elaborazione inconscia ("integrazione ottica") attraverso la quale l'occhio umano tende a raggruppare come macchie o linee definite i dettagli che sono al limite della visibilità. La teoria, subito accettata da Antoniadi e da Maunder, convinse più tardi anche Schiaparelli, che vi aderì pienamente in una lettera inviata nel 1907 allo stesso Cerulli.

Non erano sicuramente state estranee all'abbaglio anche le modalità di osservazione del pianeta. In primo luogo Marte appariva sempre piuttosto piccolo, quindi era difficile, al limite delle possibilità di risoluzione degli strumenti, distinguere particolari della superficie. Inoltre Schiaparelli, come

altri, usava un filtro giallo carico davanti all'oculare e questo può comportare una alterazione dei contrasti cromatici fra le varie regioni di colore differente, rendendo più "autonomi" i loro confini; il filtro serviva a correggere quel residuo di aberrazione cromatica che gli obiettivi a due lenti (i doppietti) comunque possedevano, dato che venivano disegnati per far coincidere i fuochi dei colori rosso e giallo, lasciando quindi un lieve alone blu attorno agli oggetti osservati.

Ma prima che si arrivasse alla conclusione di Cerulli la fantasia aveva galoppato: diversi studiosi, infatti, erano giunti alla conclusione che su Marte fosse possibile l'esistenza di qualche forma di vita⁽²³⁾. Essi descrivevano il pianeta come un mondo molto più vecchio della Terra, dove col tempo gli oceani si erano prosciugati e i continenti appiattiti. Su Marte, ormai divenuto freddo e inospitale, sarebbe però esistita ancora una comunità di pacifici abitanti che riusciva a sopravvivere grazie a una tecnologia molto avanzata e a un complesso sistema di irrigazione che si estendeva per tutto il pianeta. Schiaparelli non dichiarò mai esplicitamente di considerare i canali di Marte come opere artificiali, nè tantomeno di credere all'esistenza di esseri intelligenti sul pianeta. Egli guardò comunque con indubbio favore alle ricerche di Lowell che venivano interpretate come sostegno all'ipotesi di una qualche forma di vita intelligente sul pianeta. Solo nei testi di divulgazione scientifica pubblicati su riviste non specialistiche Schiaparelli si era concesso qualche prudente volo di fantasia sull'esistenza dei "marziali", come venivano chiamati allora gli ipotetici abitanti di Marte. Ma, come abbiamo precedentemente accennato, l'enigma dei canali, che dal 1877 aveva continuato a dividere gli ambienti scientifici internazionali, era stato completamente svelato con le ipotesi di Cerulli.

Durante le opposizioni del 1909 e del 1924 il pianeta venne osservato in condizioni molto favorevoli e le fotografie scattate convinsero la maggior parte degli astronomi ad accettare la spiegazione di Vincenzo Cerulli.

3.7 Le altre attività dell'osservatorio

La lunga polemica sui canali di Marte non aveva distolto l'osservatorio di Brera dalle altre attività; per esempio anche in quegli anni Schiaparelli continuò ad occuparsi delle stelle cadenti creando, in collaborazione con la Specola Vaticana, un'associazione per l'osservazione sistematica e continua del fenomeno. Più importante fu l'attività praticamente ininterrotta di osservazione di stelle doppie (più precisamente, di sistemi binari). Questo tipo di osservazione era stato iniziato da William Herschel alla fine del XVIII secolo, ma solo durante gli anni 1820 e inizio 1830 le stelle doppie erano diventate un oggetto di studio importante per la comunità degli astronomi. Questo recupero era dovuto ai lavori del figlio di Herschel, John, per quanto riguarda l'Inghilterra, mentre, per l'Europa continentale, è attribuibile a

Friedrich Bessel e, soprattutto, a Wilhelm Struve: quest'ultimo aveva fondato una vera e propria scuola, continuata poi dal figlio Otto. L'attenzione alle stelle doppie costituì una importante rottura con il precedente modo di studiare le stelle: l'interesse si spostava al di là del sistema planetario verso lo studio delle caratteristiche delle cosiddette stelle fisse, studio condotto applicando le leggi del moto a sistemi di stelle invece che di pianeti (Williams 1984)⁽²⁴⁾. Schiaparelli si era avvicinato a questo tipo di osservazioni durante il suo soggiorno a Pulkowo, sotto la guida di Otto Struve, con cui manterrà una lunga e amichevole corrispondenza; in quel periodo aveva anche imparato ad apprezzare gli strumenti di Merz, con cui aveva compiuto le sue prime misure. Il telescopio Merz da 22 cm di apertura era stato ordinato proprio per questo tipo di misure, e solo casualmente erano cominciate a quello strumento le osservazioni di pianeti⁽²⁵⁾.

Non furono invece eseguiti lavori di spettroscopia o di fotografia, i due campi della nascente astrofisica. L'osservatorio aveva acquistato uno spettroscopio di Poggiali (vedi scheda del catalogo), ma non sembra che sia mai stato adoperato per lavori di ricerca. Al momento della richiesta del telescopio Merz-Repsold, Schiaparelli aveva comunicato a Winnecke, direttore dell'osservatorio di Strasburgo, di voler eseguire con esso misure spettroscopiche per la determinazione del moto proprio radiale delle stelle; aveva anche ordinato a Merz un oculare spettroscopico, per cominciare a osservare qualitativamente gli spettri, per impraticarsi prima di compiere le misure. Non vennero però compiuti, per quanto se ne sa, studi in questo campo.

Proseguivano intanto i lavori di astronomia di posizione, il servizio dell'ora e le osservazioni meteorologiche e magnetiche. Nel 1900 Schiaparelli ottenne di essere collocato a riposo e lasciò la direzione dell'osservatorio a Giovanni Celoria. Proseguì comunque gli studi sull'origine delle comete; ma la sua attività fu progressivamente assorbita dalle ricerche sull'astronomia antica. Nonostante l'età avanzata, egli si dedicò, tra il 1901 e il 1903, allo studio della lingua ebraica e di quella babilonese, convinto che una conoscenza completa e profonda del pensiero scientifico di questi popoli richiedesse necessariamente la padronanza della loro lingua. Nel luglio del 1910 il grande astronomo, colpito da trombosi cerebrale, morì.

3.8 Dal 1900 al dopoguerra 15-18

Nel 1900, come si è detto, la direzione dell'osservatorio era stata assunta da Giovanni Celoria che, nel corso dei trentasette anni passati alla specola, era divenuto il principale collaboratore di Schiaparelli. Per conto suo Celoria aveva condotto importanti ricerche sulla struttura della Galassia e aveva eseguito numerose osservazioni e calcoli di orbite di pianetini e di comete. Come lo Schiaparelli, anch'egli si era dedicato alla storia dell'astronomia: molto apprezzati furono i suoi studi sulle comete osservate nel Quattrocento

da Paolo Dal Pozzo Toscanelli che gli valsero nel 1880 il premio dell'Accademia dei Lincei.

Secondo le tradizioni di Brera, Celoria aveva eseguito numerosi rilievi astrogeodetici e nel 1898 aveva ottenuto che la XII Conferenza geodetica di Stoccarda scegliesse la località di Carloforte, in Sardegna, come sede dell'istituenda Stazione internazionale per l'osservazione delle latitudini. Infine, dette un notevole impulso alle ricerche geodetiche. Gli altri due astronomi, inoltre, - Luigi Gabba e Luigi Volta - portavano avanti le osservazioni astronomiche.

Ma la specola si stava avviando verso una fase di lento declino. Celoria si dedicava ormai prevalentemente all'attività politica, passando rapidamente da consigliere comunale a senatore del Regno, e questi impegni non gli permettevano più di occuparsi appieno della conduzione dell'osservatorio.

Il cielo di Milano, inoltre, non era più limpido come un tempo e non consentiva di eseguire ricerche importanti. Questo stato di cose si trascinò fino al 1915, allorchè lo scoppio della prima guerra mondiale e il richiamo alle armi del personale paralizzò l'osservatorio. Due anni più tardi, raggiunti i limiti di età, Celoria si ritirava, dedicandosi alla revisione delle sue opere. Moriva nel 1920.

La direzione dell'osservatorio era stata intanto affidata temporaneamente a Gabba che, alla fine della guerra, provvide a restaurare i locali e le cupole e a mettere nuovamente in posizione gli strumenti smontati durante il periodo bellico. Nel 1922 fu nominato direttore dell'osservatorio Emilio Bianchi (1875-1941) che, dopo una breve permanenza a Brera, era stato nominato astronomo presso il Collegio Romano. Bianchi sapeva bene che il Palazzo di Brera non rispondeva più alle esigenze di un moderno osservatorio. Gli strumenti collocati sui tetti dell'alto edificio non avevano una stabilità sufficiente, mentre l'inquinamento atmosferico e le luci della città rendevano difficile l'osservazione visuale e impossibili le ricerche astrofisiche di spettroscopia stellare che richiedevano lunghe esposizioni delle lastre fotografiche. Non restava che trasportare gli strumenti altrove, in un luogo più favorevole all'osservazione.

L'idea non era nuova: già nel 1838 Carlini aveva proposto di istituire una succursale dell'Osservatorio nel convento sul Monte Barro, presso Lecco.

Più tardi questa esigenza era stata sostenuta, ma invano, da Schiaparelli e riaffermata da Celoria, che nel 1912 aveva proposto, come nuova sede per gli strumenti, il Palazzo Besta di Teglio, in Valtellina.

Bianchi ebbe più fortuna dei suoi predecessori, e poté ampliare l'osservatorio aprendo una succursale a Merate, in Brianza, dove era disponibile la grande villa di San Rocco, adibita a convalescenziario durante la guerra.

L'occasione per questo ampliamento era stata fornita dalla possibilità di ricevere gratuitamente dalla Germania in conto riparazioni danni di guerra gli strumenti necessari alla nuova sede. Quello delle riparazioni dei danni di

guerra era un paragrafo del Trattato di Versailles in cui la Germania veniva ritenuta responsabile della guerra e le veniva quindi imposto di pagare i danni provocati, per una cifra concordata a Parigi da un'apposita commissione (le riparazioni erano sotto forma di forniture di prodotti).

Nel caso dell'Italia, per strumenti scientifici il governo tedesco avrebbe dovuto pagare a ditte tedesche ordinazioni fatte da istituti italiani per un totale di circa 4000000 di marchi oro (situazione al dicembre 1923), di cui 700000 circa destinati a strumenti per astronomia e geodesia. Parecchi osservatori astronomici e istituti di geodesia delle università avevano avanzato richieste e le domande erano state vagliate e selezionate da un apposito Comitato Scientifico Tecnico.

Le forniture per l'osservatorio in conto riparazioni danni di guerra provocarono un'aspra polemica pubblica fra Bianchi e Salmoiraghi, sviluppatasi a partire dalla metà del 1923 sulla stampa e negli organi competenti. L'accusa principale che Salmoiraghi rivolgeva a Bianchi era di aver preferito gli strumenti tedeschi a quelli prodotti dalla sua fabbrica, La Filotecnica, dopo che tanti sforzi egli aveva compiuto per svilupparla e portarla ai livelli di quelle straniere. Naturalmente, espressa in questi termini, e nonostante la retorica delle argomentazioni (vedi scheda sullo strumento dei passaggi Salmoiraghi), la questione era mal posta: per Bianchi era facile rispondere che non si era trattato di preferire ditte tedesche a una ditta italiana, ma di approfittare dell'occasione di avere gratuitamente degli ottimi strumenti. I fondi a disposizione dell'osservatorio, nella situazione di crisi di quel primo dopoguerra, erano scarsi e per la stessa succursale di Merate si era dovuto organizzare una sottoscrizione pubblica con l'obiettivo di raccogliere 150000 lire, indispensabili per il completamento dei lavori di sistemazione.

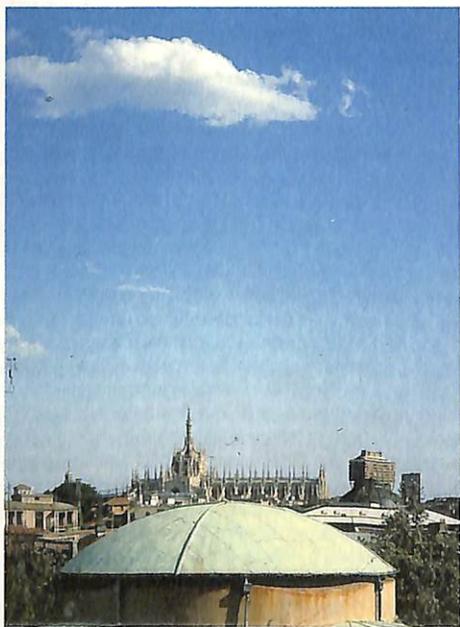
Nel novembre veniva riconosciuta ufficialmente la legittimità dell'operato di Bianchi, e la polemica cessava. Per ironia della sorte, ricevere le forniture in conto riparazioni di guerra si rivelerà subito dopo particolarmente difficile. Dall'agosto 1923, infatti, anche se l'ordine ufficiale è del 3 novembre successivo, in seguito al precipitare in Germania della crisi economica e politica, il governo tedesco sospese i pagamenti alle ditte che avevano in corso forniture di strumenti per l'Italia. Da quel momento, anche se avevano già ricevuto anticipi consistenti, avrebbero potuto inviare solo le forniture già terminate e completamente pagate dal governo.

Per gli istituti italiani fu un brutto colpo, e fu ancora più brutto per l'osservatorio milanese, che aveva basato il suo ampliamento proprio su questi strumenti. Il direttore dell'osservatorio, Emilio Bianchi, invitò ripetutamente gli organi competenti a far pressione sul governo tedesco perchè revocasse le sue disposizioni, facendo presente che già erano state cominciate le opere per le installazioni necessarie; anche altri direttori compirono passi analoghi, a volte collegialmente, a volte sfruttando canali personali, con sospetti reciproci, non sempre infondati, di tentare di influenzare la decisione

a favore del proprio istituto. Alla fine giunsero all'osservatorio uno strumento dei passaggi Bamberg e un telescopio riflettore Zeiss da un metro di diametro (vedi schede del catalogo), il più grande allora in Italia.

Nella sede di Merate giunsero altri due nuovi strumenti. Il primo fu un cerchio meridiano di Ertel (vedi scheda del catalogo) proveniente dall'Istituto Idrografico della Marina di Genova: questo prese il posto del cerchio meridiano ordinato alla Bamberg in conto riparazioni danni di guerra e mai arrivato a causa del blocco delle forniture. Il secondo fu uno strumento dei passaggi Salmoiraghi (vedi scheda del catalogo), acquistato forse in segno di buona volontà dopo la polemica. Per ospitare gli strumenti furono costruite delle cupolette, mentre in una grande cupola emisferica fu installato nel 1926 il riflettore Zeiss di un metro. Più tardi, nel 1935, Bianchi otteneva dalla Società Edison i mezzi necessari per costruire a Merate una cupola in cui trasferire il rifrattore Merz-Repsold da 50 cm rimasto nella sede di Brera, e l'anno seguente anche questo strumento tornava in funzione, aumentando le potenzialità della succursale meratese. Nel frattempo, sotto l'energica direzione di Bianchi, la sede di Brera aveva ripreso, dopo le difficoltà della guerra, alcune attività. Già nel 1922, in collaborazione con le specole di Genova, Napoli e Padova, l'osservatorio milanese eseguiva la prima determinazione di longitudine che impiegava la radiotelegrafia al posto della normale

telegrafia. Per qualche tempo proseguirono a Brera anche i lavori di astronomia classica con le osservazioni di pianetini, stelle doppie e comete da parte di Gabba e Volta. Fu poi sostituito con un Salmoiraghi di uguale apertura il Merz da 22 cm ma, trasferito a Merate il Merz da 50 cm, la sede di Milano abbandonava progressivamente le osservazioni per limitarsi agli studi di astronomia teorica. Bianchi, inoltre, potenziò il servizio dell'ora e la sezione meteorologica.



10 La cupola a spicchi sullo sfondo del centro di Milano.

3.9 Dal dopoguerra 15-18 ad oggi

Dopo la scomparsa di Bianchi la direzione dell'osservatorio di Brera-Merate venne affidata a Luigi Volta. Ma l'Italia ancora una volta era in guerra e la sede di Brera fu colpita dai bombardamenti dell'agosto 1943. Alla fine della guerra Volta si prodigò per ottenere i finanziamenti necessari alla riparazione dei danni e alla riorganizzazione dell'attività di ricerca. La succursale di Merate fu la prima a tornare in piena efficienza. Assai più delicata era la situazione di Brera, dove gli interventi edilizi dovevano necessariamente rispettare il carattere artistico e storico del palazzo. Di questi problemi si fece carico Francesco Zagar (1900-1976), chiamato alla fine del 1948 dall'osservatorio di Bologna per succedere a Volta nella direzione della specola. Fu demolita la cupola cilindrica che aveva ospitato il Merz da 50 cm trasferito a Merate e al suo posto, nel 1957, fu costruita una cupola di nuovo tipo che si apriva dividendosi in quattro spicchi, all'interno della quale erano installati tre strumenti dei passaggi, destinati al servizio dell'ora e alle osservazioni di longitudine e di latitudine. Zagar provvedeva inoltre a riorganizzare l'attività delle due sedi. A Milano restavano la direzione, l'amministrazione e l'archivio dei due istituti, la sezione meteorologica e il servizio dell'ora.

L'attività teorica si svolgeva essenzialmente a Brera con studi sul calcolo delle orbite di pianetini e comete, con studi di cosmologia generale e dinamica della Galassia e ricerche sull'evoluzione e la struttura interna delle stelle. L'attività osservativa veniva invece svolta a Merate dove, agli studi sulle stelle doppie e sugli spettri stellari, si erano nel frattempo aggiunte le ricerche di fotometria multibanda e gli studi sulla polarizzazione della luce delle stelle e dei pianeti. Questa divisione dei compiti restò in vigore fino agli inizi degli anni settanta. Poi i problemi logistici e i notevoli costi connessi alla gestione dei due istituti indussero Aldo Kranjc (che era subentrato nel 1971 a Zagar nella direzione dell'osservatorio) a trasferire a Merate buona parte delle attività che si svolgevano a Brera, lasciando in questa sede solo alcune particolari attività di ricerca teorica, gli uffici dell'amministrazione, la sezione meteorologica e l'archivio storico.

Con l'Università di Milano fu stipulata una convenzione che affidava alla Sez. di Storia della Fisica dell'Istituto di Fisica Generale Applicata il compito di elaborare un programma di salvaguardia, tutela e valorizzazione del patrimonio storico dell'osservatorio.

Attualmente con il nuovo direttore Guido Chincarini, subentrato a Kranjc nel 1985, la sede di Brera dell'osservatorio è stata ristrutturata, vi è stato installato il centro di calcolo che, via cavo, serve anche la sede di Merate e sono state incrementate le attività teoriche.

Note

⁽¹⁾ La descrizione dell'osservatorio ai tempi di Boscovich si trova nella "Risposta del P.Boscovich ad un paragrafo di Lettera di S.A. il Sig.r Principe Cauniz", scritta da Boscovich nel 1772 e recentemente ripubblicata (Proverbio 1987); la descrizione dello stato dell'osservatorio alla fine degli anni 1770 si trova in De Cesaris (1779). Sui primi anni dell'osservatorio si veda la parte iniziale di Lagrange (1775); notizie sugli strumenti e su alcune attività si trovano anche in una relazione spedita il 22 agosto 1773 da Paolo Frisi al conte Firmian e pubblicata in Masotti (1948). La dotazione strumentale dell'osservatorio nei primi anni della sua vita è accuratamente analizzata in Proverbio (1984) e (1986).

⁽²⁾ Oriani (1781) verifica attraverso osservazioni allo strumento dei passaggi l'andamento di un pendolo di Lepaute durante gli anni 1778-1780; probabilmente, però, non si tratta di questo primo pendolo. Gli errori sono compresi fra un anticipo massimo di 17 secondi e un ritardo massimo di 3.3 secondi; è nettamente predominante il numero di giorni in cui l'orologio ha anticipato. Non era possibile eseguire una correzione della compensazione, che era eccessiva: "In hoc pendulo nostro revera illa (la correzione) sensibilibiter peccat per excessum, uti infra videbimus, et nullus in presens menti occurrit modus, quo imminui possit" (Oriani 1781, p.225).

Contemporaneamente aveva eseguito la verifica anche di un orologio di Megele, che non mostra però alcuna compensazione; gli errori oscillano fra un anticipo massimo di 8.4 s e un ritardo massimo di 11.9 s. Nonostante fosse possibile agire sul pendolo per correggere la compensazione non sembra che l'operazione fosse molto utile: dopo qualche giorno di funzionamento migliore, infatti, l'orologio riprendeva il suo andamento precedente. Un secondo orologio di Megele, analizzato sempre da Oriani, dimostra una compensazione più accurata (Oriani 1786).

⁽³⁾ I fondi per questo orologio erano stati stanziati personalmente da Napoleone Bonaparte nel 1797 durante la sua visita a Milano. A causa della guerra fra Francia e Inghilterra, Barnaba Oriani si era rivolto al barone di Zach, direttore dell'Osservatorio di Seeburg in Germania, perchè questi ordinasse l'orologio come se fosse un suo acquisto. Zach possedeva già un pendolo di Arnold ed aveva assicurato ad Oriani la sua altissima qualità, per la quale si poteva pure passar sopra a certe bizzarrie del costruttore. Arnold, come altri costruttori, era lento nell'eseguire gli strumenti e non si preoccupava di tranquillizzare gli acquirenti, impensieriti dal ritardo: sapendolo, Zach poteva, più di un anno dopo l'ordinazione, calmare le ansie di Oriani rimasto senza notizie. Zach stesso aveva dovuto in precedenza usare la sua abilità e la sua diplomazia per farsi inviare il proprio orologio: infatti Arnold ne era stato così soddisfatto da non riuscire a separarsene, continuando a mostrarlo ad amici e visitatori (e, probabilmente, possibili compratori). Finalmente nel maggio 1801 il pendolo fu terminato, e si dovette decidere il tragitto per farlo giungere a Milano: il consiglio di Zach era di farlo viaggiare per mare fino a Genova, dato che non c'era più da temere la minaccia dei corsari, che un paio d'anni prima rendevano invece quasi impossibile un simile lungo viaggio. Probabilmente Oriani scelse questa soluzione, ma Arnold spedì in novembre lo strumento ad Amburgo all'indirizzo di Zach.

Da lì proseguì per Gotha, dove fu esaminato da Zach che lo trovò in perfette condizioni e ben imballato, e poi giunse a Zurigo. Qui erano state incaricate due persone, Scheuchzer, un negoziante di strumenti, e Breitinger, un meccanico che aveva lavorato per qualche tempo a Londra, perchè organizzassero il trasporto attraverso le Alpi. Breitinger comunica però ad Oriani che si sono verificati dei piccoli danni; Zach, che aveva ricevuto dallo stesso meccanico notizie differenti, sospetta che l'esame fatto da Breitinger non sia stato estraneo ai danni stessi: "Je supçonne M.r Breitinger d'avoir trop examinè cette Pendule", scrive il 17 settembre 1802 (ms 29). Sorsero poi dei problemi per il trasporto. La cassa che conteneva l'orologio era troppo grande per essere caricata su un mulo o un cavallo per farle passare le Alpi al S.Gottardo, e Breitinger non si fidava a spedirla lungo la strada del Sempione; a questo punto l'unica possibilità era di farla passare dal Tirolo fino a Bolzano e da qui farla giungere a Milano. L'orologio partì da Zurigo il 26 giugno 1802 e arrivò finalmente a Milano verso la metà di agosto (ms 27; ms 28; ms 29). L'orologio, di ottima qualità, fu usato molto a lungo e lo ritroviamo in funzione ancora negli anni 1870, in occasione delle misure di differenza di longitudine fatte da Schiaparelli e Celoria.

⁽⁴⁾ Nella progettazione della sala Boscovich aveva tenuto conto di questo uso, e lo dice esplicitamente nella sua "Risposta", al punto n.33 (Proverbio 1988, 201). Qui scrive che si tratta di "spettacolo", ma questo non è affatto "sterile", difendendosi dall'accusa rivoltagli dal governo; è in realtà un'opera, diremmo ora, di divulgazione scientifica, che riscuote molto successo: "Quanti Signori, quanti Religiosi non ho mai serviti

in persona la su, -scrive Boscovich- facendo vedere anche l'uso dei micrometri, e spiegando ogni cosa. Il Sig.r Conte di Firmian può essere testimonio del quanto sono restati di me soddisfatti tanti forestieri di rango, che mi ha mandati. Questa è stata fra le mie tante occupazioni, e cure una delle più assidue e faticose".

⁽⁵⁾ Si tratta probabilmente di una macchina parallattica la cui struttura era originariamente in legno, descritta da Lalande (1781) e simile ad uno strumento che si trovava all'Osservatorio di Pisa. Il legno dell'asse orario, con il tempo, si era però deformato (vedi la relazione di Frisi in Masotti 1948); Megele, il meccanico dell'osservatorio, aveva allora ricostruito la struttura in ottone, aggiungendo anche viti senza fine per il movimento in ascensione retta e in declinazione, e un micrometro a filo mobile. L'obiettivo era un tripletto acromatico di 3 piedi (circa un metro) di lunghezza focale, costruito da Fromond (De Cesaris 1779: 313-314).

⁽⁶⁾ Lo strumento sostituì nei lavori principali quello di Megele; costruito nel 1811, poté essere spedito a Milano solo l'anno successivo a causa di difficoltà di tipo burocratico, la principale delle quali fu quella di ottenere il necessario lasciapassare dal nuovo incaricato d'affari francese a Monaco. L'obiettivo aveva sei piedi di lunghezza focale (1.95 m) ed una apertura di 52 linee, anche se a volte fu usato con diaframmi di 30 e di 8 linee di apertura (rispettivamente circa 12 cm, 7 cm, 2 cm; 1 piede è pari a 12 pollici e 1 pollice è pari a 12 linee); era corredato da una serie di oculari e si potevano ottenere fino a 218 ingrandimenti, ma Carlini preferiva in genere lavorare con uno da 80 ingrandimenti. Il micrometro aveva sette fili di ragno verticali. Una livella a bolla permetteva di misurare l'inclinazione dell'asse rispetto al piano orizzontale, introducendo così le necessarie correzioni; il confronto fra i valori segnati dalla livella in posizione diretta e inversa aveva permesso di individuare la lieve differenza fra i diametri dei perni.

L'errore di azimut veniva valutato attraverso il confronto fra due passaggi della polare, uno sopra e uno sotto il polo nord celeste. Sia l'errore di inclinazione che quello di azimut potevano essere corretti agendo sui sostegni dello strumento, che permettevano piccoli movimenti: gli astronomi intervenivano però sullo strumento solo quando gli errori diventavano troppo grandi, preferendo negli altri casi introdurre un fattore correttivo nelle misure. L'analisi accurata delle posizioni della stella polare, rilevate nel periodo dal 1813 al 1820, permise di mettere in evidenza variazioni diurne dell'azimut dello strumento dovute ad un movimento dell'intero edificio: questo tipo di deviazioni era già stato accuratamente analizzato dagli astronomi braidensi (vedi par. 1.10). Nel 1835 lo strumento fu inviato da Carlini all'I.R.Politecnico di Vienna perchè venissero revisionati e corretti i perni dello strumento, divisi nuovamente i cerchi, costruiti dei fermi per fissare il cannocchiale in una posizione voluta e centrate meglio le carrucole dei contrappesi: lo strumento tornò a Milano nel giugno dell'anno successivo. Nonostante i miglioramenti e le attente analisi degli errori gli astronomi non riuscirono ad usare lo strumento al massimo delle sue possibilità: il problema più serio consisteva nel fatto che non era isolato dal pavimento ed intervenivano quindi errori casuali che ne limitavano la precisione, come notò Schiaparelli quando cominciò ad usarlo. Al tempo di Schiaparelli vi era una esigenza di precisione maggiore rispetto al tempo di Carlini: nel 1875 fu proposto di ristrutturare la sala dello strumento, come venne fatto per il cerchio meridiano di Starke, e di aggiungere un grande cerchio graduato, ma la proposta non fu accettata e lo strumento cessò probabilmente di essere usato. Nel 1886 Rajna riprese ad utilizzarlo per la determinazione del tempo sia per l'Osservatorio che per la città.

⁽⁷⁾ Anche in precedenza c'erano stati contatti fra gli osservatori di Milano e di Napoli. Oriani aveva favorito la nomina di Zuccari a direttore dell'osservatorio di Napoli, e lo aveva accolto con molto calore durante la visita che questi fece a Milano nel 1811. Nel corso della visita Zuccari ricevette degli strumenti per l'osservatorio; di sicuro Oriani gli vendette il proprio strumento dei passaggi di Reichenbach, di circa 110 cm di focale, acquistato nel 1808. Nel suo viaggio di ritorno a Napoli Zuccari incontrò difficoltà a causa di alcune vie impraticabili, ma si prese cura costante degli strumenti che, scrisse ad Oriani, "saranno conservati con la massima diligenza, perchè ciascuno dei due avrà un nerboruto contadino che lo porti in testa per quel tratto di strada che non si potrà fare in carrozza e noi li accompagneremo sempre" (ms31c). Il viaggio doveva poi riservare altri problemi in quanto alcune vie, in particolare quella di Frosinone e di Terracina, erano poco sicure perchè "assai infette da ladri e disertori".

⁽⁸⁾ Franz Xaver von Zach (1754-1832) fu astronomo e grande organizzatore di scienza (crf. Herrmann 1984 e Cunningham 1988). Fondò nel 1798 la "Allgemeine Geographische Ephemeriden", la prima rivista moderna di astronomia, differente dalle appendici alle effemeridi pubblicate da alcuni osservatori; anche se la rivista non riportava solo notizie astronomiche, che in genere costituivano circa il 25% del contenuto,

vi si potevano trovare tutti i risultati delle ricerche in corso, e, data la frequenza di pubblicazione dei vari numeri, era possibile essere costantemente aggiornati. Nello stesso anno organizzò il primo congresso di astronomia, ospitando per una decina di giorni nell'osservatorio ducale di Gotha, ove risiedeva, 14 astronomi di varie nazionalità. Nel 1800 Zach iniziò a pubblicare la "Monatliche Correspondenz zur Beforderung der Erd- und Himmels-Kunde" (Corrispondenza mensile per l'incremento della conoscenza della geografia e dell'astronomia); la cura della rivista passò in seguito all'astronomo tedesco Bernhard von Lindenau. Infine, all'età di 64 anni, cominciava a Genova la pubblicazione (in francese) della "Correspondance astronomique, géographique, hydrographique et statistique", che visse per il periodo 1818-1827. Queste riviste ebbero una grandissima importanza nella fase di sviluppo della disciplina all'inizio del XIX secolo; ma, oltre a questo, importante fu l'opera di organizzatore e di promotore degli studi astronomici svolta da Zach attraverso i contatti personali che egli intratteneva con tutti gli astronomi del continente: nell'archivio dell'osservatorio di Brera, per esempio, ci sono decine di sue lettere, ricche di informazioni dal mondo degli astronomi e deliziose nella forma, vivaci e piene di curiosità.

⁽⁹⁾ Un effetto simile fu notato poco dopo a Milano anche da Pietro Moscati nel suo osservatorio meteorologico, situato alla sommità di una torre alta quasi 42 metri (Moscati 1815).

⁽¹⁰⁾ Maskelyne, il direttore dell'Osservatorio di Greenwich, aveva compiuto apposite osservazioni per quantificare questo effetto. Aveva eseguito misure di latitudine in Scozia, nella contea di Perth, vicino al monte Schiehallion, scelto perchè isolato da altri monti e di grande base. Le osservazioni erano avvenute a nord e a sud della montagna, così da raddoppiare l'errore, ed era stata poi costruita una rete geodetica per eseguire un confronto fra i valori. L'esame aveva messo in grande evidenza l'influenza della massa del monte, che aveva deviato il filo a piombo di 5.8". Maskelyne ne aveva dedotto un valore della densità media della Terra pari a 4.5 volte quella dell'acqua.

⁽¹¹⁾ Sembra che il sistema di chiusura fosse stato imposto agli astronomi dall'Ufficio delle pubbliche costruzioni, nonostante gli evidenti difetti: non permetteva, per esempio, di osservare lungo tutti i 180° del meridiano.

⁽¹²⁾ Il telescopio di Herschel era di tipo newtoniano, con uno specchio sferico di 17 cm circa di diametro e lunghezza focale di circa 230 cm, corredato da sei oculari. Aveva una montatura in legno, di tipo altazimutale (De Cesaris 1794).

⁽¹³⁾ Non bisogna dimenticare che il 1800 fu il secolo che vide in generale il predominio degli obiettivi a lenti, in seguito soprattutto all'altissima qualità delle ottiche di Fraunhofer, le cui ricette costruttive furono utilizzate per lungo tempo da altri costruttori. Inoltre gli specchi, completamente metallici, si ossidavano facilmente e comportavano frequenti lavorazioni, lunghe e faticose: solo il procedimento di alluminatura introdotto da Foucault alla metà del secolo poté risolvere questo problema, rendendo i riflettori più pratici.

⁽¹⁴⁾ Giovan Battista Amici (1786-1863) fu studioso di ottica e abile costruttore di strumenti ottici, uno fra i più conosciuti in Italia e fra i pochissimi apprezzati anche all'estero. Inizialmente esercitò la sua professione di insegnante e costruttore a Modena, la sua città natale, poi, nel 1831, si trasferì a Firenze, con l'incarico di astronomo presso il Regio Museo di Fisica e di Storia Naturale; nel 1859 fu nominato professore onorario di astronomia e incaricato delle osservazioni microscopiche. Costruì telescopi, corredati di micrometri a lente bipartita, produsse uno spettroscopio a visione diretta e un cannocchiale perfettamente acromatico, ottenuto con l'impiego di quattro prismi. Progettò anche buoni microscopi, alcuni dei quali a riflessione; fece i primi esperimenti con gli obiettivi ad immersione. Costruì strumenti per l'analisi della luce polarizzata, circoli a riflessione e camere lucide.

⁽¹⁵⁾ Nello stesso anno Giovanni Gualtieri aveva inviato a Brera un suo telescopio, di configurazione newtoniana, perchè venisse provato dagli astronomi. Lo specchio aveva una lunghezza focale di circa 390 cm (12 piedi) e un diametro di 26 cm (9.5 pollici). La prova fu eseguita confrontando le prestazioni del telescopio di Gualtieri con quelle del telescopio di Herschel, di dimensioni minori, e il giudizio fu decisamente positivo: in seguito al rapporto favorevole, il governo decise di acquistare il telescopio per la Specola. Per renderlo più maneggevole, gli astronomi pensarono di sostituire lo specchio piano posto sull'asse ottico in prossimità del fuoco, che serve a inviare l'immagine all'oculare, con un altro specchio piano, che svolgesse la stessa funzione, posto a metà circa della lunghezza focale: in questo modo il tubo

necessario sarebbe stato lungo solo 195 cm. Naturalmente questo rendeva necessario uno specchio piano più grande del precedente, ma gli astronomi avevano considerato che la perdita di luminosità dovuta alla maggiore superficie dello specchio non avrebbe pregiudicato le prestazioni richieste al telescopio. Nel luglio 1812 gli astronomi informavano il governo che Gualtieri aveva eseguito questo secondo specchio (ms 10, ms 31b). All'osservatorio di Brera si trova quello che probabilmente è il tubo di legno in cui era montato lo specchio; c'è qualche difficoltà nella sua identificazione negli inventari più antichi. È di forma ottagonale, lungo 380 cm e di diametro pari a 35 cm; verso l'estremità opposta a quella dello specchio, sul fianco, c'è una apertura in cui scorre un portaoculare, sempre di legno: questo permette la configurazione newtoniana del telescopio. Non si conosce la sua data di costruzione. Uno specchio di Amici di 6.5 pollici di diametro era stato acquistato nella stessa occasione da Pietro Moscati per il suo osservatorio privato; attualmente lo specchio e gli oculari fanno parte della collezione di strumenti scientifici del liceo classico Beccaria di Milano, l'antico liceo S. Alessandro dove lavorò come meccanico Carlo Dell'Acqua prima di essere assunto all'Osservatorio di Brera.

⁽¹⁶⁾ Schiaparelli si era in più occasioni attivamente interessato dell'Osservatorio di Arcetri. Nel 1875 esprimeva in una dettagliata memoria le sue opinioni sull'indirizzo che avrebbe dovuto prendere quell'osservatorio e sulla sua dotazione strumentale, tornando poi sull'argomento in una lettera a Otto Struve, direttore dell'Osservatorio di Pulkovo (Schiaparelli 1875b). Ad Arcetri lo strumento dei passaggi fu ulteriormente migliorato da Antonio Abetti (1846-1928), e nel 1901 venne restituito a Brera: fu lo stesso Celoria, diventato direttore dopo il ritiro di Schiaparelli, a ritirarlo in settembre all'osservatorio fiorentino.

⁽¹⁷⁾ Per le misure di tempo era stato usato l'orologio a pendolo di Arnold, in funzione presso l'osservatorio dal 1802. Kohlschitter, meccanico della specola al tempo di Schiaparelli, applicò al pendolo un interruttore elettrico di sua invenzione per inviare i segnali di tempo alle altre stazioni attraverso le linee telegrafiche: l'interruttore introduceva però un ritardo nel moto del pendolo. In una prima verifica era sembrato che questo fosse costante, ma nel corso delle misure ci si accorse che era invece irregolare. Per le misure eseguite cinque anni più tardi fu allora installato un interruttore nuovo.

⁽¹⁸⁾ Lo strumento era stato ordinato nel 1869 con l'esplicita richiesta di una costruzione molto rapida, perchè le misure erano state decise per il giugno 1870. Ertel aveva promesso di terminarlo nell'aprile del 1870, ma la scadenza non fu rispettata, e Celoria si dovette recare a Monaco per ottenere una rapida esecuzione. Anche così, però, lo strumento giunse a Milano solo il 19 giugno, due giorni prima dell'inizio delle osservazioni, e non ci fu tempo di rettificare esattamente la collimazione dell'asse ottico. Oltre a questo, alcuni dei fili del micrometro si erano incurvati a causa del cambiamento di clima; inoltre l'illuminazione del campo si era rivelata insufficiente, tanto da far affermare a Schiaparelli "che i grandi artefici di mezzo secolo fa, i quali fondarono la reputazione della Germania nella meccanica astronomica, non avrebbero mai osato spedire strumenti di questa fatta, senza prima essersi assicurati per propria esperienza, che essi erano compiutamente in stato di operare, e che non mancava loro alcuno degli accessori indispensabili all'osservazione, fra i quali l'apparato di illuminazione va in prima linea" (Schiaparelli-Celoria 1875, p.426). Comunque, a parte questo difetto, lo stesso Schiaparelli doveva riconoscere che era un buono strumento. A cannocchiale spezzato (come lo strumento di Bamberg descritto nel catalogo, e probabilmente simile a questo anche nella struttura), aveva un obiettivo di 66 mm di apertura e 70 cm di distanza focale; il reticolo era formato da due fili orizzontali e quindici fili verticali divisi in gruppi di cinque, oltre a un filo verticale mobile con spostamento micrometrico.

⁽¹⁹⁾ Questo strumento non differiva molto da quello di Ertel usato solo cinque anni prima. Anche questo era a cannocchiale spezzato, e anche in questo caso il reticolo pose dei problemi; Salmoiraghi lo sostituì con una lastrina di vetro su cui erano incise tredici linee, suddivise in due gruppi laterali di quattro e uno centrale di cinque: in questo modo si pensava di evitare le deformazioni che i fili di ragno subivano a causa dell'umidità del clima milanese (questo dispositivo richiedeva però una illuminazione più intensa).

⁽²⁰⁾ L'elenco di questi lavori si trova in Mandrino-Tagliaferri-Tucci (1987) e (1988); dopo la morte dell'astronomo furono raccolti in tre volumi (Schiaparelli 1927). Schiaparelli pubblicò, inoltre, vari articoli necrologici e commemorativi e si occupò, in tre articoli, di astronomia dantesca. Nel Fondo Schiaparelli sono conservati anche vari appunti manoscritti di carattere storico: interessanti le "Notizie sull'astronomia indiana". Essenziale, infine, per la storia della Specola il manoscritto "Materiali per una cronaca dell'Osservatorio di Brera raccolti da varie fonti" (ms 43), nel quale, cronologicamente, sono elencati

avvenimenti concernenti l'Osservatorio.

⁽²¹⁾ Alla fine del lavoro, Merz aveva comunicato che il costo per la costruzione dell'obiettivo era stato leggermente inferiore a quello preventivato; aveva allora offerto, per completare l'ordinazione che gli era già stata pagata, di inviare a Milano un rifrattore da 16 cm di apertura (6 pollici) da usare come cercatore di comete. L'offerta fu accettata da Schiaparelli, e il telescopio giunse all'osservatorio nei primi giorni del gennaio 1882. Per la montatura equatoriale Schiaparelli si rivolse qualche tempo dopo a Cavignato, dell'Officina dell'Osservatorio astronomico di Padova, che completò il lavoro nel gennaio 1885. Dopo un collaudo eseguito da Celoria, recatosi espressamente a Padova lo stesso mese, lo strumento fu spedito in maggio a Milano (ms 45, ms 46).

⁽²²⁾ La demolizione della sala ottagonale comportò anche l'eliminazione delle quattro cupolette sulla terrazza. In una di esse si trovava ancora l'equatoriale di Sisson, non più usato dall'arrivo del telescopio Merz da 22 cm, un'altra aveva contenuto un anemografo registratore che era però già stato trasferito, probabilmente negli anni 1878-1879 e insieme ad altri strumenti meteorologici registratori, in una torretta creta sulla torre del circolo Starke; una terza torretta aveva ospitato per breve tempo il primo strumento portatile dei passaggi Repsold. Nel corso dei lavori per la costruzione della cupola del telescopio Merz-Repsold fu aggiunto sullo spigolo della facciata a sud dell'osservatorio un 'torrione' con una scala a chiocciola che portava dall'osservatorio all'Orto botanico, così da raggiungere comodamente e direttamente la torretta che vi era stata costruita per le misure di longitudine del 1870. Sull'altro spigolo fu costruito, per ragioni di simmetria, un identico 'torrione', alla cui sommità si voleva porre una cupola (ms 45, n. 102). Fu fatta poi domanda, nel 1888, perchè sulle cime di entrambi i torrioni fossero costruite cupole, utilizzando per questo i resti dello stanziamento di 250000 lire per il telescopio da 50 cm (ms 46, n. 339). Una fotografia della fine dell' '800 ci mostra un terzo torrione nel centro della facciata dell'osservatorio, probabilmente costruito nella stessa occasione.

⁽²³⁾ Il dibattito condotto in quel periodo sull'esistenza di vita extraterrestre è analizzato in dettaglio in Crowe 1986, pp.480-546.

⁽²⁴⁾ Attraverso l'analisi del moto delle stelle di un sistema binario è possibile, usando ragionevoli ipotesi sulla massa del sistema, ricavare la distanza di questo, la cosiddetta parallasse dinamica.

⁽²⁵⁾ Schiaparelli si adoperò anche perchè venissero pubblicate le numerosissime osservazioni di Ercole Dembowski, un astronomo non professionista di Gallarate di cui aveva molta stima, che lavorava con un telescopio Merz di 7 pollici di apertura.

Strumentazione Presentazione delle schede degli strumenti

Il catalogo comprende gli strumenti storici dell'Osservatorio astronomico di Milano che si trovano presso le sue due sedi di Brera e di Merate, e presso il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica di Milano (MNST). A Brera essi sono stati esposti nel corridoio principale a cura dell'Istituto di Fisica generale applicata dell'Università degli studi di Milano.

All'inizio della scheda di ogni strumento, come intestazione, sono indicati il nome dello strumento, il costruttore, il luogo di costruzione, l'anno di costruzione, il numero dell'inventario eseguito nell'ambito del progetto CNR di inventariazione dei beni storico-scientifici e il luogo in cui si trova attualmente; le informazioni incerte sono poste fra parentesi. Alla fine del testo ci sono appendici in cui vengono date spiegazioni generali su alcuni tipi di strumenti che compaiono nel catalogo; oltre a questo ci sono note sui costruttori citati.

La scheda contiene le informazioni storiche sullo strumento, generalmente poste all'inizio, e la sua descrizione.

Alla fine della scheda si trovano le dimensioni caratteristiche dello strumento, espresse in centimetri, e i riferimenti bibliografici. Fra questi, i primi rimandano agli inventari storici che sono stati ritrovati negli archivi. Questi inventari furono redatti per esigenze amministrative, cioè per indicare i beni posseduti dall'osservatorio e quantificarne il valore e vi si trovano elencati sia il materiale scientifico che oggetti d'arredamento; l'indicazione degli strumenti è generalmente sommaria e non comprende una loro descrizione, rendendo difficile a volte la stessa identificazione dello strumento: nei casi dubbi il riferimento all'inventario è posto fra parentesi tonde. Viene indicato l'anno dell'inventario considerato, seguito, fra parentesi, dal numero d'inventario, quando c'è. Gli inventari sono:

- inv.AS: è l'unico che non faccia parte dell'archivio dell'osservatorio, in quanto è conservato presso l'Archivio di Stato di Milano; è poco dettagliato e non è datato: lo si può collocare approssimativamente fra il 1816 e il 1821 (ms(1))
- inv.1815: l'inventario, eseguito il 23 ottobre 1815 da un funzionario del pubblico erario assistito da Carlo Grindel, è anch'esso poco dettagliato (ms(6): 17 novembre 1815)
- inv.1834: il documento non è datato, la data indicata è solo attribuita (ms(25))
- inv.1837: il documento non è datato; nell'inventario d'archivio dell'Osservatorio compare con l'attribuzione provvisoria al 1837, ma da analisi successive si pensa di poterlo collocare fra il 1839 e il 1842 (ms(26))
- inv.1842: riporta quanto posseduto dall'Osservatorio alla fine del 1842; al termine vi sono due aggiornamenti riguardanti i beni acquistati negli anni 1843, 1844, 1845 (ms(10))
- inv.1867: al termine c'è un aggiornamento al settembre 1871 (ms(28))
- inv.1921: è contenuto in un registro che riporta anche gli acquisti degli

anni successivi; il registro si trova presso la segreteria dell'Osservatorio di Brera. Per il nostro lavoro abbiamo utilizzato una trascrizione della parte relativa alla strumentazione, fornita dalla segreteria (ms(36)).

L'ultima indicazione alla fine della scheda riguarda i riferimenti bibliografici. Si sono indicati manoscritti (che compaiono con la sigla ms), articoli e libri che contengono informazioni specifiche sullo strumento considerato, oppure danno indicazioni generali utili per la comprensione del funzionamento di quel tipo di strumento; in alcuni casi si trova anche il rimando ad una delle appendici (indicate con "app."). Buoni testi di riferimento generale sulla struttura e l'uso della strumentazione astronomica sono quelli di Andoyer-Lambert (1924), Bell (1922), Challis (1879), Chauvenet (1891), Danjon-Couder (1935), Loomis (1868).

Le misure in piedi e sottomultipli usate nelle schede si riferiscono, salvo indicazione contraria, alle unità francesi, le più usate dagli astronomi di Brera. Si ricorda che, nel sistema francese del XVIII secolo, le unità di misura avevano i seguenti valori approssimati:

- 1 piede = 12 pollici = 0.325 m
- 1 pollice = 12 linee = 0.027 m
- 1 linea = 12 punti = 0.00226 m.

1. Sestante mobile

Canivet, Parigi, 1765, MNST, 1022



Questo strumento fu uno dei primi a giungere all'osservatorio, verso il 1766. La sua costruzione fu seguita con cura a Parigi da Lalande, che lo descrive nel terzo volume della sua "Astronomie".

Lo strumento è costituito da un settore metallico di 60° d'ampiezza, un sesto dell'intera circonferenza. L'armatura è in ferro, il lembo in ottone. Lo strumento è sostenuto da una colonna che termina in quattro gambe con piedi a viti calanti. Il treppiede porta un asse verticale che termina con uno snodo che permette di ruotare lo strumento attorno alla verticale e attorno all'asse orizzontale. Lo snodo è un cilindro cavo orizzontale. Qui è infilato il corto asse orizzontale dello strumento, che è fissato all'armatura nel centro di gravità; l'asse orizzontale può ruotare entro il suo alloggiamento, così come il cilindro cavo può ruotare attorno alla verticale. Lo strumento poteva essere bloccato nella inclinazione voluta per mezzo di un'asta scorrevole vicino allo snodo e agente sul retro dell'armatura: una morsa a vite fissava l'asta alla lunghezza voluta, così come altre chiavi agivano per fermare lo snodo.

Attualmente dello strumento rimangono solamente l'armatura, con il lembo in ottone, ed il sostegno. Sulla parte frontale del sestante, in corrispondenza dell'asse orizzontale, c'è una lastra rotonda di ottone su cui è incisa la scritta: "Fait par Canivet, Ingenieur en instrumens des Mathématiques de Messieurs de l'Académie Royale des Sciences à La Sphère à Paris, 1765".

Il sestante aveva due telescopi fissi, ciascuno dei quali aveva l'oculare posto ad una estremità del lembo. Un telescopio era parallelo al lato "verticale" dello strumento, quello cioè che corrisponde al raggio passante per lo zero; con esso si potevano osservare stelle alte sull'orizzonte. L'altro era perpendicolare al primo, e serviva per l'osservazione di stelle basse sull'orizzonte. Attorno al 1824 i telescopi originali furono sostituiti con due telescopi di Fraunhofer; attualmente entrambi i telescopi mancano.

Le misure erano eseguite grazie a un filo a piombo attaccato al vertice dello strumento e passante davanti alle divisioni del lembo: puntando uno dei telescopi sull'oggetto celeste da osservare si inclinava tutto il sestante e il lembo scorreva dietro il filo a piombo che, ovviamente, manteneva la sua posizione verticale. Per evitare i movimenti dell'aria, tutto il filo a piombo era contenuto in una lunga scatola chiusa (ora perduta), che poteva ruotare attorno al centro dello strumento; all'estremità di questo contenitore, in corrispondenza del lembo, una apertura con un microscopio permetteva di leggere la divisione in corrispondenza del filo (qui si trovava anche il dispositivo di illuminazione). Per evitare le oscillazioni del filo a piombo, la sua estremità era immersa in una vaschetta piena d'acqua; questo accorgimento era abbastanza usuale, anche se Lalande non lo riteneva indispensabile.

La divisione sul lembo del sestante è attualmente quasi completamente cancellata: si leggono solo le indicazioni dei gradi; sappiamo però che il lembo era diviso in intervalli di 10'. La divisione prosegue per 4° oltre lo zero in modo da poter osservare stelle prossime allo zenit anche dopo aver effettuato

l'inversione. A ciascun telescopio era applicato un micrometro a filo mobile che permetteva di misurare i minuti d'arco e i centesimi di minuto; attualmente mancano entrambi i micrometri.

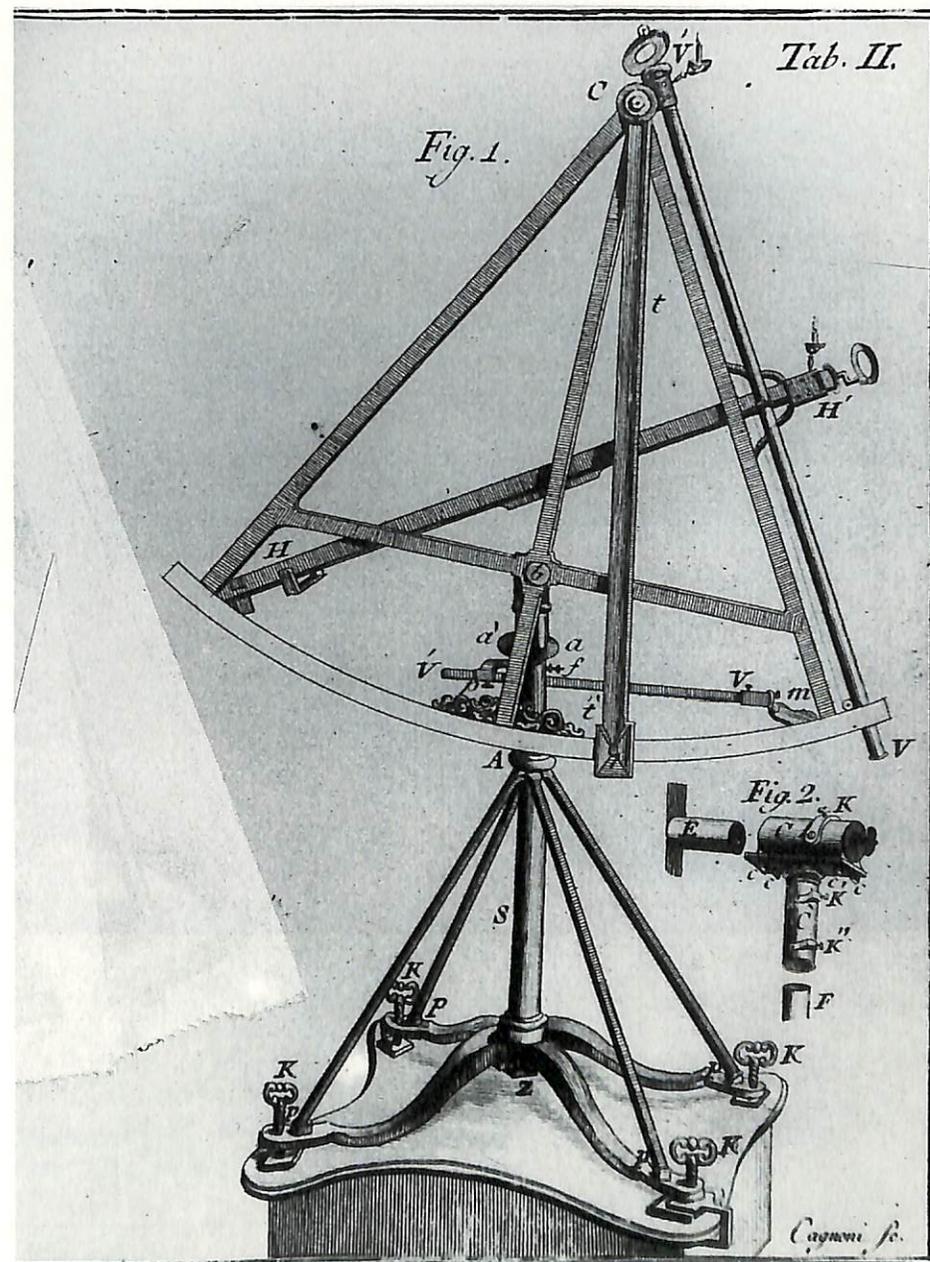
L'esame dello strumento venne iniziato da Boscovich e Lagrange nel 1766, subito dopo il suo arrivo all'osservatorio, e furono usati per la prima volta i metodi ideati da Boscovich: Lalande espresse per lettera il suo interesse e il suo apprezzamento per la verifica che ci si accingeva a compiere a Milano, una operazione spesso trascurata dagli astronomi dell'epoca.

La verifica delle divisioni del lembo iniziò con la misura dei raggi passanti per 0° , 30° e 60° , proseguendo con la misura delle corde relative agli archi di 60° e 30° ; poi, attraverso successive bisezioni, furono verificate le singole divisioni di $10'$. I micrometri vennero esaminati da Lagrange che controllò la disposizione dei fili e la regolarità del movimento della vite micrometrica, trovandoli piuttosto precisi: per questo esame eseguì osservazioni celesti ma anche osservazioni di mire poste su una torre situata a nord dell'osservatorio. Lagrange eseguì anche l'esame della posizione dei due telescopi. Per prima cosa studiò il parallelismo del telescopio verticale con il piano del sestante, trovando un errore di $4'33''$. Fu poi controllata periodicamente la perpendicolarità fra i due telescopi. Per questo si osservava la stessa stella prima con uno e poi con l'altro dei telescopi, confrontando le due misure; naturalmente la stella, per essere visibile ad entrambi i telescopi, doveva trovarsi ad un'altezza sull'orizzonte compresa fra i 40° e i 60° , cioè nell'arco comune alle due posizioni estreme. L'esame rivelò un errore di $49''$ prima del 1771, $41''.5$ fino al 1779 e poi $40''.8$.

La prima verifica del principio di numerazione, eseguita tramite l'osservazione diretta e inversa di una stella prossima allo zenit, diede un errore di $3'59''$. Altre verifiche vennero fatte periodicamente, e soprattutto dopo interventi sullo strumento: così si trovò un errore di $4'10''$ all'inizio del 1771, e di $4'3''.8$ nel 1779, dopo aver rimesso i micrometri che erano stati smontati per pulirli e riparare dei fili rotti.

Dimensioni
raggio: 195 (6 piedi)

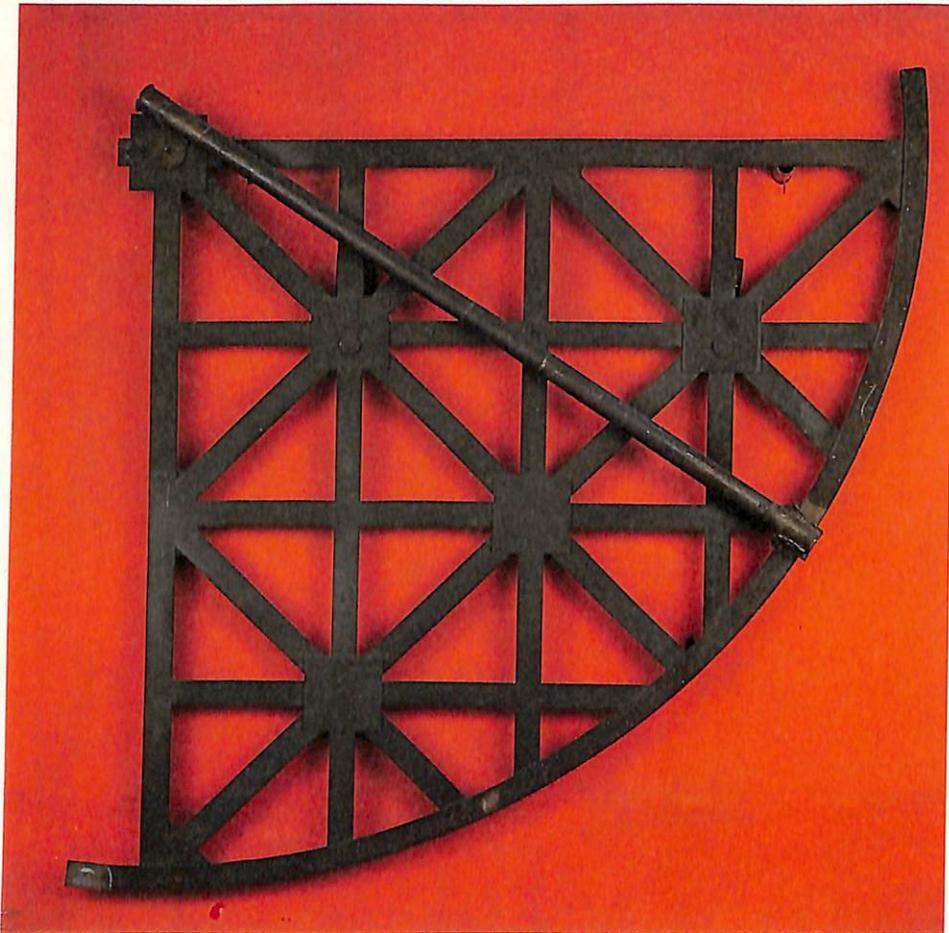
Riferimenti
inv. AS; inv. 1815; (inv. 1834(185)); inv. 1837(198); inv. 1842(197); inv. 1921(105); ms 6a; ms 20
Reggio (1781), Proverbio (1986), De Cesaris (1779), Lalande (1781, vol.III), app.2



Sestante di Canivet, dalle "Ephemerides Astronomicae Anni intercalaris 1780".

2. Quadrante murale

Canivet, Parigi, 1768, MNST, 1023



È uno dei primi strumenti di precisione acquistati dall'osservatorio subito dopo l'inizio dell'attività. Non era paragonabile agli strumenti inglesi, i migliori del tempo, ma era stato acquistato a causa del suo prezzo più accessibile. Fu posto nella sala dei quadranti, rivolto verso sud; nel 1791 venne rivolto verso nord, in seguito all'arrivo del quadrante murale di Ramsden.

Attualmente rimane solo l'armatura di ferro e il tubo del telescopio, staccato dal vertice e senza morse di bloccaggio. Possediamo però la descrizione dello strumento fatta da De Cesaris (1779). Da questa si ricava che il lembo circolare in ottone portava una divisione in gradi e l'arco era maggiore di 90° , essendoci 4° in più ad entrambe le estremità dell'arco; ogni grado era suddiviso in 12 parti, così che la lettura minima era di $5'$. A Merate è stata trovata una ganascia a vite con vite micrometrica che potrebbe essere il micrometro dello strumento.

Lo strumento aveva un nonio diviso in 20 parti e si potevano quindi leggere $15''$. La testa del micrometro a vite era divisa in 60 parti e ogni parte corrispondeva a circa $1''$ d'arco: la verifica aveva infatti permesso di stabilire che $5'$ corrispondevano a 5 giri completi della vite più 4.2 parti di giro, quindi $300'' = 304.2$ parti e 1 parte di giro corrisponde a $0.986''$.

Il quadrante era sospeso al muro in due punti. Uno dei sostegni aveva una vite per gli aggiustamenti orizzontali del quadrante (cioè per allontanarlo o avvicinarlo al muro); una vite dell'altro sostegno permetteva aggiustamenti verticali, alzando o abbassando il lato verticale. La parte inferiore del quadrante appoggiava su due viti che si trovavano sulla verticale dei due sostegni e che potevano ruotare entro due squadre metalliche infisse nella parete. La parte esterna del lato verticale dello strumento premeva contro una vite orizzontale fissata al muro, tirato lateralmente da un filo a cui era attaccato un peso e che passava in una carrucola. Complessivamente, però, la sospensione era stata realizzata abbastanza male, come gli astronomi verificarono durante l'analisi dello strumento.

Il telescopio non era inserito in una struttura di sostegno come nei quadranti di Bird. La flessione del tubo era contrastata da un contrappeso situato all'estremità di un'asta di ferro imperniata a un sostegno infisso nel muro; l'altra estremità dell'asta scorreva in un passante metallico fissato alla metà del tubo del telescopio. Forse era stato applicato a questo strumento un dispositivo sperimentale di contrappeso ideato da Boscovich, ma non lo ritroviamo nella descrizione di De Cesaris. I fili del micrometro erano illuminati dalla luce di una lampada o una candela, riflessa all'interno del tubo da uno specchio. Anche in questo caso Boscovich aveva introdotto un sistema nuovo. Lo specchio, costituito da una corona circolare di metallo, poteva infatti essere ruotato attorno ad un asse orizzontale per mezzo di un filo comandato da una manopola: questa era posta vicino all'estremità libera del telescopio e l'astronomo poteva così, senza allontanarsi dall'oculare,

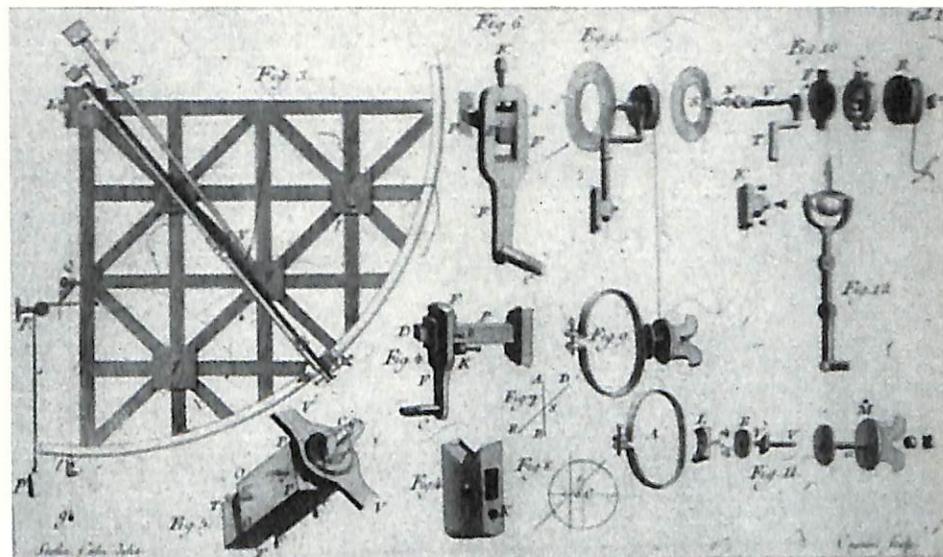
regolare l'inclinazione dello specchio rispetto al telescopio in modo da avere sempre la migliore illuminazione dei fili. Allentando la tensione del filo, lo specchio si portava nella posizione di partenza, grazie ad una molla elicoidale di richiamo. Questo sistema venne applicato agli altri strumenti di quel periodo, cioè allo strumento dei passaggi e al sestante di Canivet.

Lo strumento fu accuratamente analizzato dagli astronomi per ricavarne gli errori, seguendo il metodo elaborato da Boscovich. In primo luogo, nel 1773, fu verificata la planarità del lembo, prima con lo strumento in posizione orizzontale e poi in verticale, appeso al muro di sostegno. Fu poi esaminato il movimento del tubo del telescopio attorno al centro. Per questo fu verificato che il centro di rotazione coincidesse con il centro geometrico del quadrante (rappresentato da un punto inciso nel metallo), verificando anche che non ci fossero imperfezioni nella forma sia dell'anello che scorre attorno al perno centrale sia del perno stesso (che era un tronco di cono): i risultati di questi controlli avevano dimostrato l'accuratezza della costruzione.

L'analisi più importante aveva riguardato la divisione del lembo ed era iniziata nel 1774, eseguita seguendo sempre il metodo di Boscovich. Le lunghezze dei raggi passanti per i punti 0°, 35°, 55°, 90° erano risultate differenti fra loro; anche le corde fra 0° e 60° e fra 30° e 90° erano risultate differenti fra loro e differenti dalla lunghezza del raggio: l'errore sull'arco 0°-60° era risultato pari a -8".3, mentre quello sull'arco 30°-60° era pari a 7".6. Erano stati ricavati gli errori anche delle corde degli angoli di 30° (0°-30°, 30°-60°, 60°-90°), e questo aveva permesso di valutare l'errore complessivo sull'intero arco di 90°, che risultò di -2".93.

Proseguendo le verifiche sugli archi ottenuti per bisezioni successive a partire dagli angoli di 30° gli astronomi costruirono una prima tabella di correzioni per ogni arco di 7°30'; nel 1780 l'esame fu proseguito fino alle divisioni minime di 5'. A questo punto era disponibile una tabella di correzione per ogni divisione del lembo; per completare la verifica furono analizzate le divisioni del nonio, costruendo anche in questo caso una tabella di correzione. Il seguente esempio può aiutare a capire come veniva stabilito il valore finale. Supponiamo che nella misura di una distanza zenitale ci fosse coincidenza della settima divisione del nonio con i 60° del lembo: la misura è quindi di 60°+6x15"= 60°1'30". Dalle tabelle di correzione si ricava che alla divisione 60° corrisponde una correzione di -6".99, alla settima divisione del nonio corrisponde un arco di 1'33".3 (e non di 1'30"), e c'è un'altra correzione di -3".2 legata all'errore sull'arco oltre la divisione 60° a cui si riferisce il nonio. La misura finale è data quindi da:

divisione del lembo	60° 00' 00"
correzione	- 6".99
valore del nonio	1' 33".3
correzione sull'arco	- 3".2
valore finale	60° 1' 23".11



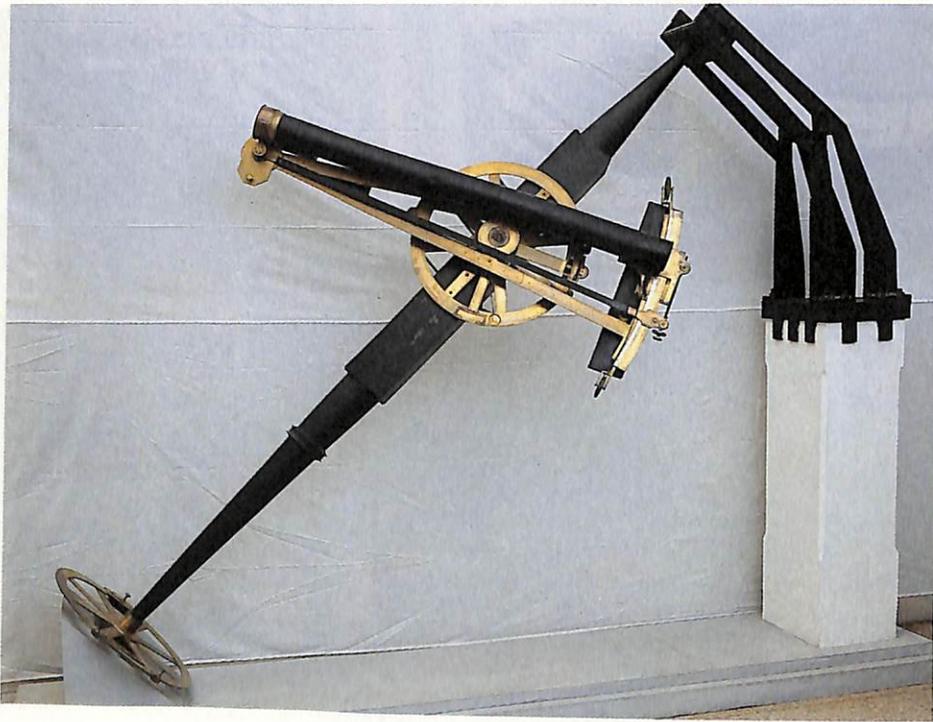
Quadrante murale di Canivet con particolari, dalle "Ephemerides Astronomicae Anni intercalaris 1780".

Dimensioni
raggio: 195 (6 piedi)

Riferimenti
inv. AS; inv. 1815; inv. 1834(24); inv. 1837(26); inv. 1842(26); inv. 1867(85); inv. 1921(85); ms 6a; ms 20
De Cesaris (1779), Proverbio (1986), Reggio (1781), app. 1

3. Settore equatoriale

Sisson, Londra, 1774, MNST, 1024



Probabilmente alla fine del 1773 Lagrange scrisse a Maskelyne, astronomo reale a Greenwich, indicandogli l'intenzione di rivolgersi a Bird per la costruzione di un quadrante murale e di un settore equatoriale. Nella sua risposta del gennaio 1774 Maskelyne consigliò a Lagrange di far costruire gli strumenti a Sisson, anzi pose questo come condizione per accettare di seguire le fasi della costruzione e verificare il risultato: Sisson, scrisse Lagrange a Firmian citando Maskelyne, aveva il merito "d'etre beaucoup plus disposé à écouter conseil et à se laisser guider par un Astronome". Dato che i prezzi di Sisson erano più alti degli altri, Lagrange decise l'acquisto del solo settore equatoriale e perfezionò il contratto versando un anticipo di 90 sterline, la metà del prezzo. Lo strumento, costruito durante il 1774, giunse a Milano l'anno successivo e fu collocato nella torretta nord-est. Con esso furono compiute osservazioni di pianeti, fra i quali Urano immediatamente dopo la sua scoperta, di comete, occultazioni, macchie solari (per misurare la velocità di rotazione del Sole); Kreil e Stambucchi se ne servirono per una serie di misure della librazione della Luna fra la fine del 1831 e il luglio 1834.

Fu usato a lungo, per un centinaio d'anni: fino all'arrivo del primo rifrattore Merz era l'unico telescopio equatoriale dell'osservatorio. Schiaparelli vi osservò la cometa 1862 II, che servì per il lavoro sulle stelle cadenti, e con esso scoprì il pianetino Esperia, il 29 aprile 1861.

Il telescopio ha una montatura equatoriale all'inglese, cioè l'asse orario, molto lungo, è appoggiato a ciascuna estremità su un sostegno di altezza diversa in modo da essere orientato verso il polo nord celeste; delle viti di regolazione sui sostegni permettevano aggiustamenti fini della posizione. L'asse è formato da tre sezioni: due sono coniche e si uniscono alla terza, centrale, a forma di parallelepipedo. A questa sezione è attaccato un cerchio di diametro pari a circa 63 cm con il lembo diviso in intervalli di 20°; la numerazione va da 0° a 180° e da 180° a 0°. Questo circolo permette una prima lettura, grossolana, della posizione.

Per la lettura più fine vi è un settore di cerchio di raggio pari a circa 152 cm (4 piedi francesi e 8 pollici) e di una ventina di gradi di ampiezza. Il settore non ha il vertice nel centro del cerchio diviso; può però ruotare attorno ad un asse che passa per quel centro e può essere fissato al cerchio diviso, dopo un primo puntamento, per mezzo di due ganasce. All'armatura del settore è attaccato un braccio che permette la lettura del cerchio diviso per mezzo di un nonio con 20 divisioni, la cui lettura minima è 1'. Una estremità del telescopio è unita al vertice del settore, attorno a cui può ruotare; l'altra estremità scorre lungo il suo lembo. A questa estremità si trovano il nonio e la ganascia di bloccaggio. Il lembo del settore è diviso in intervalli di 10' per un arco complessivo di 21°: vi è infatti un grado in più oltre lo 0. La numerazione indica i gradi e i 20'. Il nonio permette di leggere il minuto d'arco; per mezzo della vite micrometrica si apprezzano i secondi. Sul nonio ci sono le indicazioni numeriche dei 5' e 10'. Carlini fece aggiungere dal meccanico dell'osservatorio una nuova divisione:

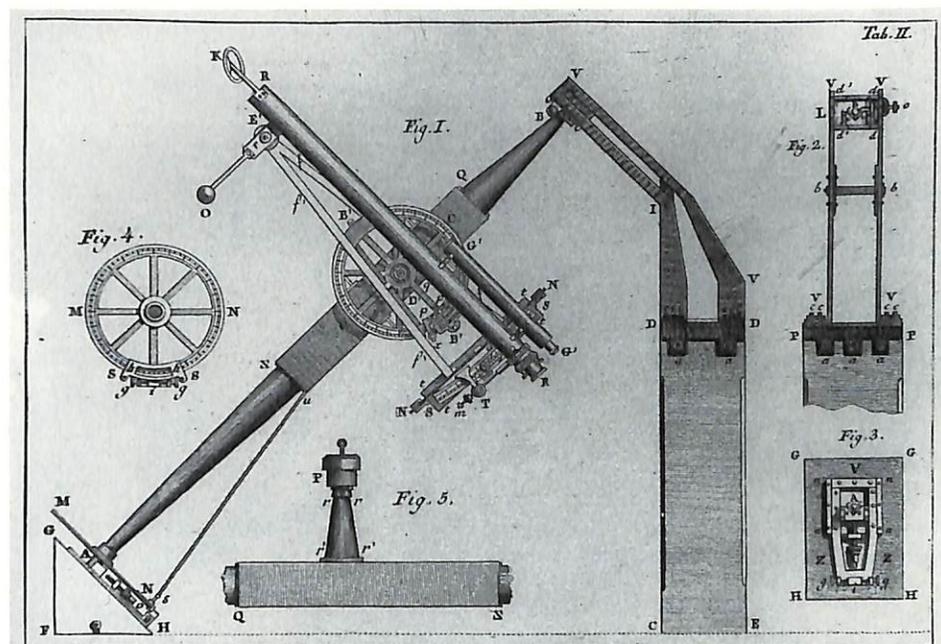
essa è incisa su una lastrina d'argento, è estesa per 15° e indica intervalli di 2' (le indicazioni numeriche sono ogni grado e ogni 10'). Il nonio permette la lettura dei 4"; ha indicazioni numeriche ogni 20". Sul lembo vi è un'altra divisione, incisa sull'ottone, fine quanto quella sulla lastrina d'argento, senza indicazioni numeriche e senza nonio di lettura. La lastrina d'argento copre parzialmente una scritta, che probabilmente è stata in parte cancellata anche dalle operazioni per applicare la lastrina; la scritta sembra essere "Jonathan Sisson London 1774".

All'estremità inferiore dell'asse orario si trova un cerchio per la misura dell'ascensione retta; il cerchio ha lo stesso diametro del precedente. Il suo lembo è diviso in intervalli di 1 minuto di ascensione retta e un nonio permette la lettura dei cinque secondi. La numerazione del cerchio indica in numeri romani ogni ora, e in cifre arabe le decine di minuti; il nonio è a zero centrale, con 6 divisioni da una parte e dall'altra.

Per prevenire la flessione del telescopio vi era un contrappeso sostenuto da una leva impernata sul centro del settore. Probabilmente vi è un secondo contrappeso all'interno di una scatola posta sotto il lembo del settore: dalla scatola escono due catenelle che, passando sopra due carrucole, sono attaccate da una parte e dall'altra del telescopio.

L'obiettivo del telescopio era un doppietto acromatico di 10 cm circa di apertura e di 153 cm circa di lunghezza focale; in dotazione vi erano due oculari: attualmente mancano le ottiche. Il telescopio era dotato di un cercatore. Nel fuoco dell'obiettivo si trovava un reticolo con tre fili perpendicolari all'equatore celeste e quattro paralleli ad esso; vi erano anche quattro sottili lamelle metalliche mobili, a due a due perpendicolari fra loro: queste venivano usate in occasione di osservazioni di comete per rilevare con maggiore accuratezza la posizione del nucleo. Successivamente fu applicato un micrometro filare con cinque fili fissi perpendicolari all'equatore e uno fisso parallelo ad esso, oltre ad un secondo filo parallelo mobile: la testa della vite che impartiva il movimento aveva un disco diviso in 100 parti. Nel 1855 Carlini sostituì l'obiettivo originale con un altro costruito da Plössl, ordinato l'anno precedente e pagato 440 fiorini.

Non era agevole compiere le misure al micrometro. Lo strumento era piuttosto instabile, come viene indicato da Kreil e successivamente, con molta più decisione, da Schiaparelli, che scrive: "...allorchè si vuole usare la vite micrometrica trema tutta la macchina e si perde la fiducia nelle fatte osservazioni".



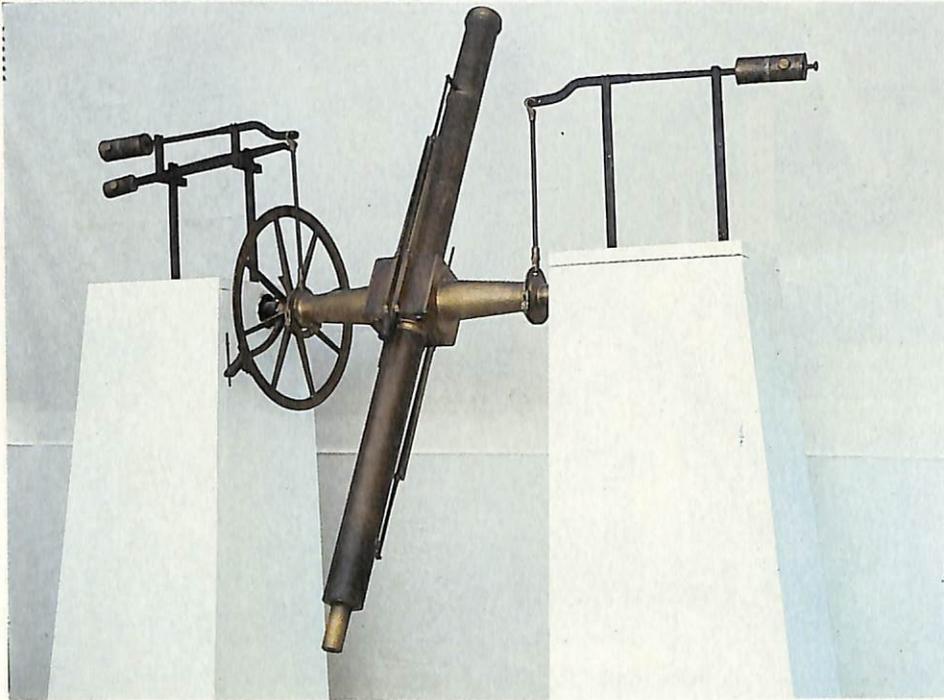
Settore equatoriale di Sisson, dalle "Ephemerides Astronomicae Anni 1778".

Dimensioni
 raggio settore: 152
 lunghezza asse orario: 310
 lunghezza telescopio: 153

Riferimenti
 inv. AS; inv. 1815; inv. 1834(164); inv. 1837(171); inv. 1842(170); inv. 1867(5); inv. 1921(5); ms 6a; ms 20; ms 3a
 Reggio (1777); Kreil (1836); Bianchi (1821)

4. Strumento dei passaggi

Megele, Milano, 1775, MNST, 1026

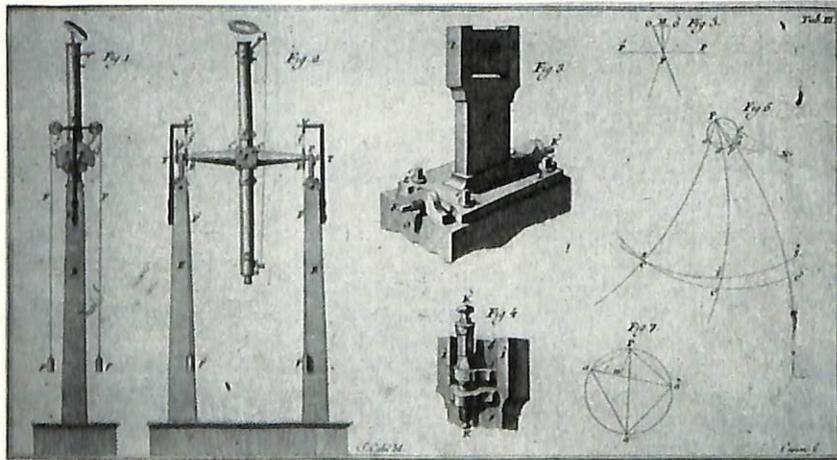


Sostituì nel 1776 uno strumento dei passaggi precedente, costruito da Canivet. Fu usato per lavori di ricerca fino all'arrivo, nel 1812, dello strumento dei passaggi di Reichenbach; da allora servì a scopi didattici. Attorno al 1835 fu collocato in primo verticale, disposto cioè in modo che il telescopio si muovesse nel piano passante per lo zenit e i punti cardinali est e ovest.

Lo strumento è costituito da un telescopio sostenuto da un asse d'ottone perpendicolare ad esso e disposto orizzontalmente; il telescopio e l'asse si incontrano alla metà delle rispettive lunghezze in un cubo cavo. L'asse orizzontale è formato da due tronchi di cono, per prevenire le flessioni; a ciascuna estremità c'è un cilindro di una lega più resistente (forse ottone e stagno) inserito in un sostegno del pilastro. L'obiettivo acromatico, costruito da Dollond, aveva una lunghezza focale di circa 180 cm (6 piedi inglesi) ed una apertura di 88 mm (2.5 pollici inglesi).

Lo strumento è stato parzialmente modificato da Grindel nella prima metà del XIX sec., ma non vi sono notizie più precise. Ad una estremità dell'asse ora si trova un cerchio diviso in intervalli di 10', con indicazioni numeriche ogni 10°, ed un braccio che termina con un nonio a zero centrale e 60 divisioni da una parte e dall'altra. Inizialmente c'era invece un piccolo semicerchio diviso, che era stato sostituito nel 1793 da un altro semicerchio, probabilmente più grande, costruito da Annibale Beccaria: sembra però che questo sia stato cambiato prima del 1842.

Sul cubo centrale si legge con molta difficoltà la scritta "Giuseppe Megele fecit in Milano 1775", quasi completamente cancellata; lungo il telescopio sono stati aggiunti due contrappesi, con l'attacco su due facce contrapposte del cubo, e uno di essi si sovrappone alla firma. I sostegni dello strumento e dei contrappesi non sono quelli originali: forse sono quelli del cerchio meridiano di Starke, ora perduto. Originariamente a ciascuna delle colonne di sostegno era fissata un'asta verticale di ferro con due braccia orizzontali, ciascuna delle quali aveva una carrucola: un filo, con pesi alle estremità, sosteneva lo strumento passando sotto l'asse e sopra ciascuna coppia di carrucole. Uno dei sostegni dell'asse poteva essere spostato leggermente sia in orizzontale che in verticale per aggiustare la posizione dello strumento. Questo poteva essere invertito, ma sembra che fosse un'operazione piuttosto lunga e complicata; dopo le prime verifiche sulla posizione dello strumento, per il controllo dell'errore di azimut fu posta sulla facciata di una costruzione di campagna a Niguarda una mira costituita da un cerchio nero che sottendeva un angolo di 12".



Strumento dei passaggi di Megele, dalle "Ephemerides Astronomicae Anni intercalaris 1780".

Riferimenti

inv. AS; inv. 1815; inv. 1834(174); inv. 1837(163); inv. 1842(162); (inv. 1867(86)); inv. 1921(86); ms 3d; ms 6a; ms 12
De Cesaris (1779); Bianchi (1824), app.4

Dimensioni

lunghezza totale: 177

diametro cerchio diviso: 52

5. Quadrante mobile

(...), MNST, 1047

È un quadrante di ferro sorretto da un treppiede, anch'esso di ferro, con quattro gambe e piedi a viti calanti. Degli snodi permettono di far assumere allo strumento qualunque posizione. Il quadrante è incompleto: non ha nessuna divisione sul lembo, e non vi sono neppure telescopi o bracci di puntamento.

Dimensioni

raggio: 66

altezza treppiede all'asse dello snodo inferiore: 137.5

Riferimenti

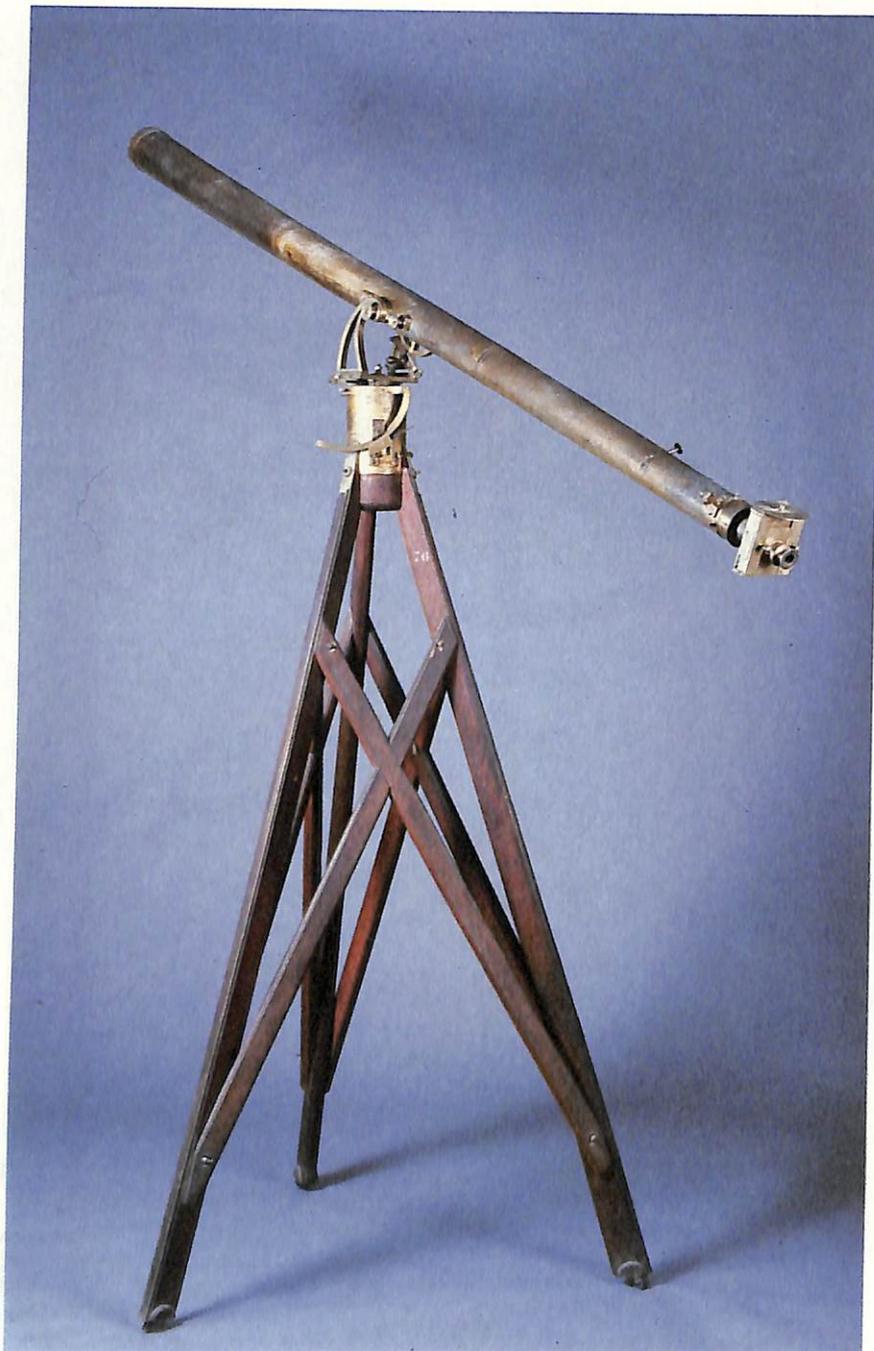
(inv.1867(105)); inv.1921(106)

app.2



6. Telescopio rifrattore

Dollond, Londra, (1775) / Megele, Milano, 1778, Brera, 1001



La montatura e il tubo del telescopio sono stati realizzati nel 1778 da Giuseppe Megele, meccanico dell'osservatorio. Il tubo è un tronco di cono molto allungato, più largo verso l'estremità in cui si trova l'obiettivo.

La montatura è altazimutale, ma c'è la possibilità di renderla parallattica in quanto la piastra che porta i sostegni del tubo può essere ruotata attorno ad una cerniera orizzontale e, quindi, alzata da un lato.

Un arco metallico fissato alla piastra porta sul bordo una filettatura su cui ingrana una vite senza fine che permette piccoli spostamenti per puntare l'asse orario (l'asse perpendicolare alla piastra) verso il polo nord celeste. Sull'arco non ci sono divisioni, ma l'unica indicazione è 45° , la latitudine approssimata di Milano.

Il telescopio aveva due aste che permettevano all'osservatore di eseguire, rimanendo presso l'oculare, piccoli spostamenti del telescopio in orizzontale e in verticale (vedi, per esempio, il telescopio da 10 piedi descritto nella scheda successiva). Ora le aste non ci sono più, ma è rimasto il giunto cardanico e la vite senza fine per il movimento in verticale. Il semicircolo verticale su cui agisce la vite è diviso in gradi, con indicazioni numeriche ogni 10° ; lo zero è in posizione centrale e corrisponde alla verticale, poi la numerazione va fino a 90° da una parte e dall'altra. Il semicircolo fornisce quindi l'altezza sull'orizzonte del telescopio e probabilmente le indicazioni venivano lette in corrispondenza di un filo a piombo fissato nel centro di rotazione. Il telescopio è montato su un cavalletto di legno con tre gambe che terminano con viti calanti.

Mancano le ottiche, costruite da Dollond e giunte a Brera probabilmente attorno al 1775. L'obiettivo era acromatico, con una lunghezza focale di 244 cm circa (8 piedi inglesi) e un'apertura di 7.6 cm circa (3 pollici inglesi). Vi era anche una serie di oculari.

Dalla parte dell'oculare c'è un micrometro a filo mobile, su cui è incisa la scritta "Meghele Milano". Un indice solidale con la testa della vite micrometrica può scorrere su un cerchio unito al micrometro e diviso in 100 parti. L'oculare veniva fissato ad una piastrina che può essere spostata in direzione perpendicolare all'asse ottico mediante due piccole manopole.

Il telescopio era posto nella sala principale dell'osservatorio. Fu usato per osservare la Luna, i pianeti (per esempio l'anello di Saturno, i satelliti di Giove), il Sole e le eclissi, occultazioni lunari, comete.

Dimensioni

lunghezza del tubo: 242

diametro del tubo dalla parte dell'obiettivo: 11

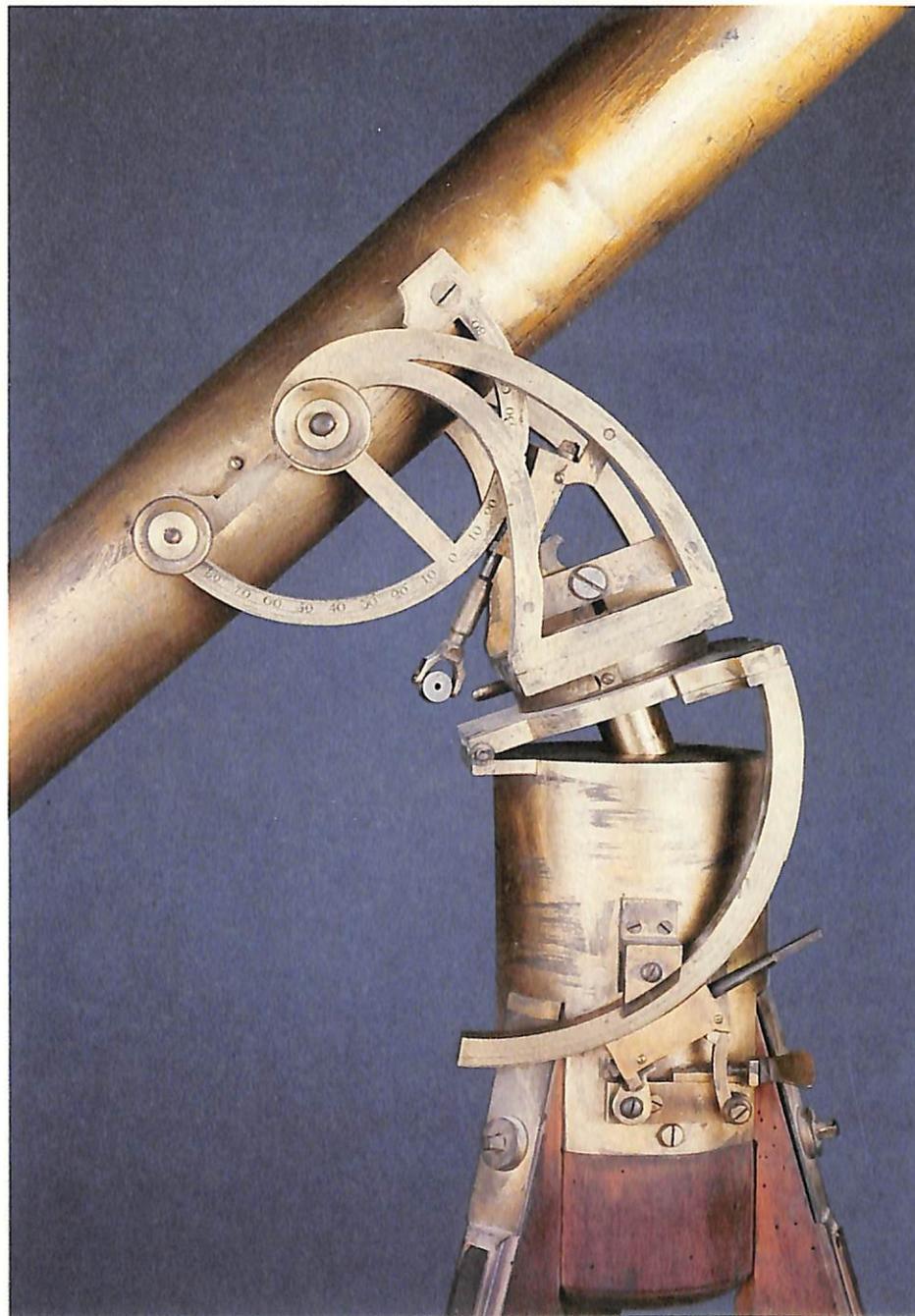
diametro del tubo dalla parte dell'oculare: 8

altezza cavalletto: 195

Riferimenti

(inv. AS); inv. 1815; inv. 1834(149); inv. 1837(142); inv. 1842(142); inv. 1867(76); inv. 1921(76);
ms 6a

Corrispondenza Piazz-Oriani (13 settembre 1791, p.13); De Cesaris (1779)



Telescopio rifrattore Dollond/Megele, particolare della montatura.

7. Telescopio rifrattore

Dollond, Londra, (1175) / Megele, Milano, 1785, Brera, 1002



La montatura e il tubo sono stati realizzati nel 1785 da Giuseppe Megele. La montatura è del tipo altazimutale. Due lunghe aste di legno permettono all'osservatore di impartire al telescopio spostamenti micrometrici sia in azimut che in altezza pur rimanendo all'oculare: ogni asta è collegata infatti tramite un giunto cardanico ad una vite senza fine che ingrana su una filettatura posta sul bordo, rispettivamente, di un cerchio orizzontale e di un semicerchio verticale. Le due viti possono essere staccate dalla filettatura in modo da poter compiere spostamenti del telescopio più ampi e rapidi. Il semicerchio verticale non è diviso. Il cerchio orizzontale non è visibile perché è completamente coperto dalla piastra rettangolare che porta i sostegni del tubo del telescopio. Dalla parte dell'oculare il telescopio reca le scritte: "Fece Giuseppe Megele in Milano 1785", e "Joseph Megele Fecit Mediolani Anno 1785". Il telescopio è retto da un treppiede di legno che termina con viti calanti.

Il telescopio manca delle ottiche; queste erano state costruite da Dollond ed erano giunte a Brera probabilmente attorno al 1775. L'obiettivo, acromatico, aveva una lunghezza focale di circa 305 cm (10 piedi inglesi) e un'apertura di 9 cm circa; accompagnava l'obiettivo una serie di oculari con i quali si potevano avere ingrandimenti fino a 100 e 130 volte. In seguito furono preparati a Milano altri oculari che permisero ingrandimenti maggiori, fino a 1500 volte.

Il telescopio era posto nella sala principale dell'osservatorio. Fu usato per osservare la Luna, i pianeti (per esempio l'anello di Saturno, i satelliti di Giove), il Sole e le eclissi, occultazioni lunari, comete.

Dimensioni

lunghezza tubo: 307

diametro tubo: 13.5

altezza cavalletto: 195

Riferimenti

(inv.AS); inv.1815; inv.1834(148); inv.1837(141); inv.1842(141); inv.1867(76); inv.1921(102); ms 6a

Corrispondenza Piazzani-Oriani, p.13; De Cesaris (1779)

8. Macchina parallattica

Mégnié, Parigi, 1784, Brera, 1003

Lo strumento, in cui manca il telescopio, giunse all'Osservatorio di Brera nel 1798; prima faceva parte dell'osservatorio di Antonio Cagnoli a Verona. Nel 1796 l'osservatorio era stato danneggiato durante il bombardamento della città ad opera dell'esercito francese: Napoleone Buonaparte aveva allora stabilito che gli strumenti rimasti fossero acquistati e divisi fra l'Osservatorio di Brera, la Scuola del Genio e la Specola di Bologna. Lo stesso Cagnoli si trasferì verso la fine del 1797 a Milano e lavorò per qualche tempo all'Osservatorio di Brera.

Lo strumento è realizzato in ottone. Il cerchio di ascensione retta è diviso in 360° , con indicazioni numeriche ogni 10° . Un braccio alidada porta un nonio che permette la lettura dei $5'$. C'è anche una seconda numerazione indicante con numeri romani le ore di ascensione retta; la numerazione va da I a XII e riprende da I a XII. Sul cerchio è incisa la scritta "EQUATORIAL DE MEGNIE 1784".

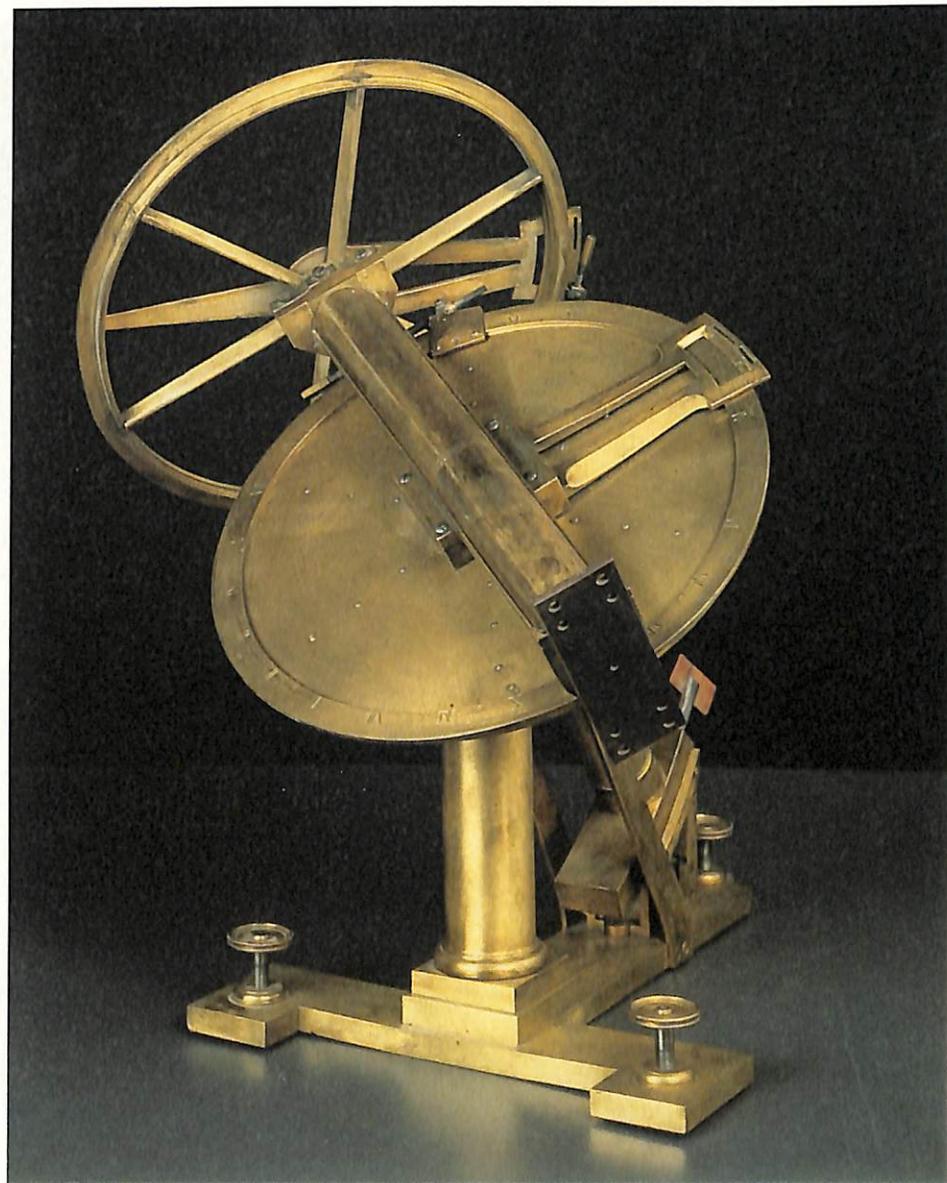
L'asse orario può essere inclinato da 30° a 58° rispetto alla verticale; l'inclinazione viene letta su un arco posto all'estremità dell'asse e recante una scala divisa in intervalli di $30'$, numerati ogni $5'$: un nonio permette la lettura minima di $2'$ (il nonio porta indicazioni numeriche ogni $10'$). Lo spostamento dell'asse orario è regolato per mezzo di una vite tangente all'arco, il cui bordo è filettato.

Il cerchio di declinazione si trova all'estremità di un asse perpendicolare all'asse orario e all'esterno del cerchio di ascensione retta; ha la stessa dimensione di questo ed è diviso anch'esso in 360° . Un braccio mobile porta un nonio che permette la lettura dei $15'$. La numerazione è da 0° a 90° , da 90° a 0° , e nuovamente da 0° a 90° e da 90° a 0° ; le indicazioni numeriche sono ogni 10° . Il telescopio era attaccato all'asse di declinazione, all'estremità opposta rispetto al cerchio di declinazione. In questo modo poteva essere puntato ad ogni altezza, superando le limitazioni delle precedenti montature parallattiche (vedi, per esempio, la macchina parallattica di Grindel). Da questo punto di vista è uno dei primi esempi di montatura equatoriale di concezione moderna: non solo la disposizione era più comoda per l'osservazione, ma permetteva anche una verifica più semplice degli errori dello strumento, in quanto il telescopio poteva essere puntato su oggetti terrestri di mira dopo essere stato invertito e, inoltre, era possibile verificare meglio le divisioni del cerchio di declinazione perchè questo è un cerchio intero. Il telescopio aveva un obiettivo acromatico a tre lenti, con una lunghezza focale di 1.2 m (3.5 piedi) e un'apertura di 8.4 cm (3 pollici).

Lo strumento, dopo essere stato riparato da Megele, meccanico dell'osservatorio, era stato collocato nella torretta SE al posto di una macchina parallattica di Adams.

Dimensioni

diametro cerchi: 41



Riferimenti

(inv.AS); inv.1815; inv.1834(180); inv.1837(168); inv.1842(167); (inv.1867(92)); (inv.1921(92)); ms 3b; ms 20
Lalande (1781, p.669-670)

9. Quadrante portatile

Megele, Milano, 1784, Brera, 1004



Quadrante portatile per misure geodetiche. Probabilmente il quadrante è stato usato dagli astronomi nella campagna di misure geodetiche per la Carta della Lombardia, iniziate nel 1788 e completate nel 1794.

L'armatura dello strumento è in ferro, il lembo è in ottone. Questo è diviso in intervalli di $20'$ e sulla divisione ci sono indicazioni numeriche ogni $5'$, da 0° a 90° . La divisione prosegue per $4'$ oltre i 90° e per $11'$ oltre lo zero. Il braccio mobile, su cui si trovava un cannocchiale ora mancante, porta un nonio che permette di leggere il minuto d'arco. Sul nonio è incisa la scritta "Giuseppe Megele in Milano 1784". Una piccola livella a bolla è unita al lato orizzontale (quello che corrisponde ai 90°) e può ruotare attorno ad un suo asse verticale. Sul lato corrispondente dell'armatura ci sono quattro fori, dove probabilmente si attaccavano i sostegni di un secondo cannocchiale, fisso. Nella parte inferiore della montatura c'è un piccolo cerchio orizzontale diviso in gradi.

Due snodi permettono la rotazione dello strumento attorno ad un asse orizzontale e attorno ad un asse perpendicolare al precedente e perpendicolare al piano del quadrante: in questo modo il quadrante può essere disposto in orizzontale, in verticale e su un qualunque altro piano di inclinazione intermedia. Per entrambi gli snodi si possono ottenere piccoli spostamenti grazie a una vite senza fine che ingrana sul bordo filettato di un arco di circa 120° ; la vite può essere disimpegnata per compiere movimenti più rapidi. L'arco associato allo snodo dell'asse orizzontale è diviso in 120° .

Lo strumento è montato su un treppiede di legno.

Dimensioni
raggio: 49

Riferimenti

(inv. AS); inv. 1815; inv. 1834(159); inv. 1837(151); inv. 1842(151); inv. 1867(105); inv. 1921(107);
(ms 5)
Oriani (1822, p.4); Faye (1881, vol.1); Paolucci-Tagliaferri-Tucci (1988)

10. Aste per la misura di basi geodetiche

Megele, Milano, (1788), Brera, 1005

Le aste furono costruite per la misura della base geodetica fra Somma Lombardo e Nosate, avvenuta nel 1788 nell'ambito delle operazioni per il tracciamento della Carta della Lombardia. Questa misura, che costituì la base della triangolazione compiuta dagli astronomi negli anni seguenti, fu l'operazione iniziale del lavoro e venne compiuta nei mesi di giugno e luglio. Gli astronomi misurarono una prima volta la lunghezza della base, da Nosate a Somma; poi eseguirono la misura di verifica, nel senso opposto, trovando una differenza di circa 5 cm su una lunghezza complessiva della base di circa 10 km (9999.53 m). La misura era eseguita ponendo una dopo l'altra le tre aste, appoggiate su cavalletti, facendo attenzione alla loro orizzontalità e al loro allineamento: veniva rilevata la temperatura in modo da conoscere la dilatazione termica subita dal metallo. In presenza di piccoli rilievi del terreno un'asta si trovava più in alto della precedente (o della successiva): la posizione era allora verificata con un filo a piombo (tutte le misure erano comunque riferite in seguito al livello del mare).

Le tre aste sono di ferro, con una sezione a T. Due hanno le stesse dimensioni, mentre la terza ha entrambi i rami della T di dimensioni minori. Sulla parte superiore di ciascuna di esse è riportata la lunghezza di una doppia tesa parigina (1 tesa= 1,949 m): due linee sottili incise sul metallo individuano la misura.

Il ramo verticale di ciascuna asta è infilato in un contenitore di legno della stessa lunghezza. Le estremità del contenitore sono più sottili, così che disponendo due aste una in fila all'altra i loro contenitori si possano appaiare, per un piccolo tratto: in questo modo si può far coincidere la linea incisa all'estremità finale di un'asta con la linea incisa all'estremità iniziale dell'altra. Per impartire piccoli aggiustamenti longitudinali alla posizione dell'asta si agisce con una chiave su una ruota dentata fissata all'interno del contenitore di legno, verso una delle estremità; la ruota dentata ingrana in una dentatura praticata nel bordo inferiore dell'asta. Nella parte superiore di ogni contenitore tre coppie di rotelle equidistanti favoriscono lo scorrimento dell'asta; inoltre ogni contenitore ha due coppie di fasce di cuoio per bloccare le aste.

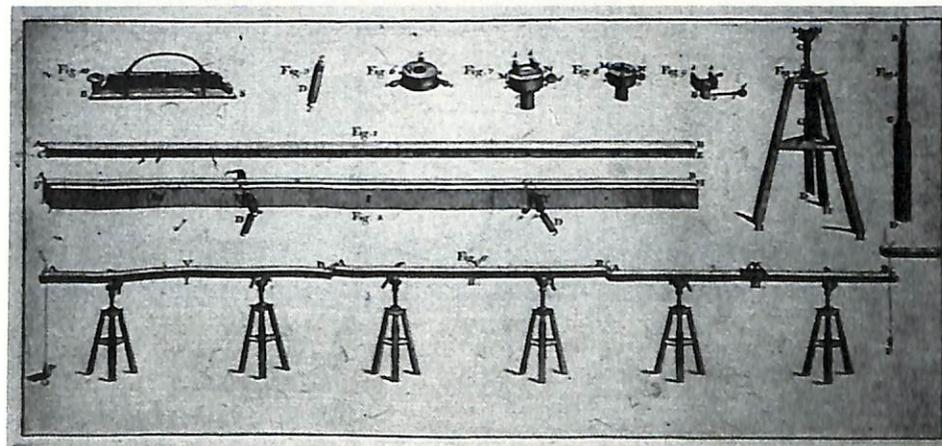
I contenitori e le aste in essi inserite sono posti all'interno di una lunga cassa di legno, chiusa con quattro fasce trasversali metalliche.

Dimensioni

lunghezza: 393.5 (media delle tre)

larghezza ramo superiore della sezione a T: 5 (per due delle aste)
4.2 (per la terza)

dimensione verticale complessiva: 6.4 (per due delle aste)
4.8 (per la terza)



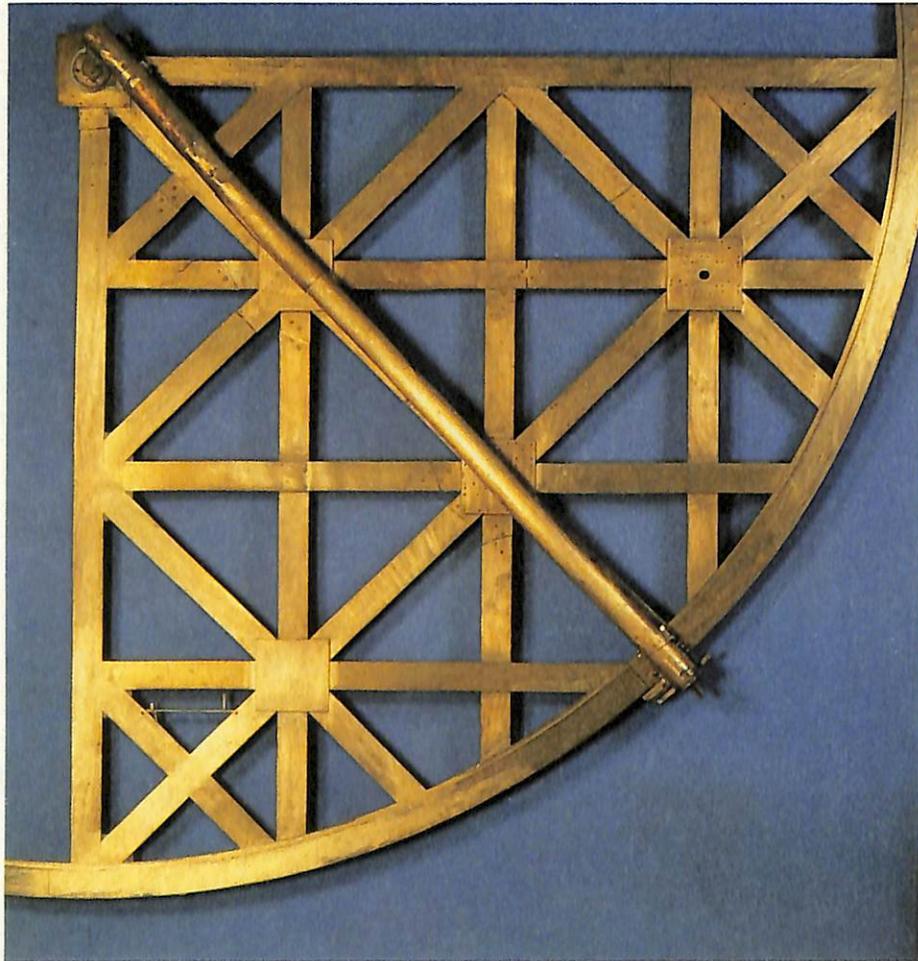
Disposizione delle aste per la misura di una base geodetica, dalle "Ephemerides Astronomicae Anni 1794".

Riferimenti

(inv.AS); (inv.1815); inv.34(122); inv.37(83); inv.42(83); inv.21(247)
Reggio (1793); Faye (1881, vol.1); Paolucci-Tagliaferri-Tucci (1988)

11. Quadrante murale

Ramsden, Londra, 1789, MNST, 1025



Gli astronomi di Brera si erano resi conto ben presto che il quadrante di Canivet non permetteva la necessaria precisione nelle misure di posizione: le analisi del 1773-1774 avevano messo in evidenza gli errori eccessivi legati alla divisione del lembo. Cominciarono quindi a richiedere un quadrante murale più grande, di 8 piedi inglesi di raggio (2.44 m) ed eseguito con maggior cura. A partire dal 1774 non fu persa occasione per cercare di ottenere i fondi necessari all'acquisto; e finalmente si presentò l'occasione giusta. Nel 1785 Oriani preparava il viaggio fino a Londra che avrebbe compiuto l'anno successivo e furono allora chiesti i fondi necessari per un quadrante che avrebbe potuto essere ordinato a Londra dallo stesso Oriani: le sue caratteristiche e la sua costruzione sarebbero stata definite meglio nei contatti diretti fra Oriani e il costruttore. Il nuovo quadrante doveva servire, nei progetti degli astronomi, alla teoria dei pianeti e alla determinazione precisa delle posizioni di stelle; nella richiesta ufficiale fu però aggiunto, approfittando dell'interesse del governo verso questo argomento, che le posizioni delle stelle sarebbero servite anche per fissare meglio la posizione geografica di alcune delle località della Lombardia austriaca in occasione dei lavori per una nuova carta della regione. Anche Boscovich fece pressione sul governatore perchè venisse accolta la richiesta.

L'autorizzazione all'acquisto giunse nell'aprile 1786; in essa si faceva cenno esplicitamente all'utilità del quadrante per le operazioni geodetiche.

La costruzione del quadrante, affidata a Ramsden, termina nel 1789; in quell'anno gli astronomi comunicano la notizia al governo e chiedono il saldo dei fondi per il pagamento (500 zecchini erano già stati versati al momento dell'ordine). Alla fine del 1790, però, il quadrante è ancora a Londra, a causa di difficoltà nella spedizione. In particolare, le dimensioni delle casse erano superiori alla norma e bisognava trovare una nave con i boccaporti sufficientemente larghi, per evitare di dover allargare e poi riparare i boccaporti già esistenti; inoltre il costo del nolo era maggiore che nei casi soliti perchè le casse dovevano essere collocate nella stiva in una posizione isolata, senza altre casse sopra, per evitare possibili danni, e bisognava pagare lo spazio utile non utilizzato per altre merci. Forse anche l'azione dell'incaricato d'affari ufficiale a Londra che doveva curare l'invio dello strumento, Antonio Songa, non si rivelò così incisiva come sarebbe stato desiderabile.

Finalmente, all'inizio del dicembre 1790, il quadrante partì da Londra, per arrivare nella seconda metà del gennaio 1791 al porto di Genova e, dopo una breve sosta, a Milano, probabilmente nel marzo. Il 1 giugno lo strumento era già collocato nella sala dei quadranti, rivolto verso sud al posto del quadrante di Canivet; nel 1792 gli astronomi completarono le verifiche per la determinazione della posizione. Il quadrante rimase in uso fino al 1840 circa.

Il quadrante ha la struttura tipica degli strumenti di Bird; è completamente in ottone e l'armatura è solida e ben lavorata. Purtroppo mancano numerose parti dello strumento: sono rimasti solo l'armatura, il lembo, il tubo del

telescopio e il nonio. Sul lembo ci sono due serie di divisioni. Nella sua parte più interna si trova la divisione in gradi, con intervalli minimi di 5' e indicazioni numeriche ogni grado e ogni 15"; all'esterno c'è la divisione in 96 parti, ciascuna delle quali è suddivisa in 16 intervalli (le indicazioni numeriche sono ad ogni suddivisione principale e ogni 4 divisioni fini). All'estremità libera del telescopio si trovano la lastra con i due nonii e la ganascia di bloccaggio con la vite micrometrica. Il nonio della scala dei gradi è diviso in 10 parti e permette di leggere i 30"; quello dell'altra scala è diviso in 16 parti e permette così letture minime di circa 13". La lettura dei singoli secondi si otteneva con il micrometro a vite, che gli astronomi giudicavano molto regolare e preciso. Le divisioni proseguono oltre lo zero per 6° e 6 parti della seconda scala.

Il tubo del telescopio, anch'esso in ottone, era fissato in cinque punti a una struttura di sostegno a forma di rombo che ne evitava le flessioni.

L'obiettivo era un doppietto acromatico, di 9 cm circa di diametro (36 linee) e 244 cm (8 piedi) di lunghezza focale (attualmente mancano tutte le ottiche). Nel fuoco era collocato il reticolo che inizialmente era formato da fili d'argento, cinque verticali e uno orizzontale: l'intersezione di questo con il filo verticale centrale determinava la linea di fiducia. Si potevano impartire al reticolo movimenti e aggiustamenti verticali, orizzontali e obliqui. Nel 1817 De Cesaris cambiò i fili d'argento con fili di ragno, più sottili, quindi precisi, anche se più delicati. Per prevenire la flessione del telescopio vi era un sistema di contrappesi, che sembra fosse particolarmente efficace. I quadranti migliori avevano, oltre al contrappeso principale, un secondo peso collocato su un braccio ortogonale al primo. Questo era necessario perchè la forza esercitata sul cannocchiale dal contrappeso cambia al variare dell'inclinazione del telescopio: il secondo contrappeso compensava la diminuzione dell'azione del primo contrappeso quando il telescopio si inclinava molto verso l'alto.

Nel quadrante di Milano Ramsden aggiunse per la prima volta un terzo contrappeso, di posizione e forza costante, applicato ad un braccio che agiva sull'asse di rotazione, sostenendolo.

La posizione del quadrante nel piano del meridiano fu verificata attraverso il confronto con osservazioni di stelle a varie altezze eseguite allo strumento dei passaggi; per questo furono utilizzate delle formule ricavate da Boscovich che permettevano di valutare gli errori in un punto conosciuti gli errori in tre punti: le deviazioni erano comunque piccole su tutta l'estensione del lembo. Le prime verifiche sullo strumento vennero eseguite usando metodi meccanici. La verticalità del lato corrispondente allo zero fu inizialmente determinata con il filo a piombo dello strumento (che ora non c'è più, come tutti gli altri accessori); l'orizzontalità del lato dei 90° fu verificata usando un apparato appena inventato da Ramsden, il "livello a filapiombo".

In seguito furono compiute analisi più precise. Oriani, osservando Mercurio, verificò il piano del quadrante per confronto con misure ottenute al sestante

di Canivet usando il metodo delle altezze corrispondenti. Nel corso delle osservazioni poté constatare come le differenze fra i valori letti sulle due scale di rado superassero 1"; anche per stabilire il principio di numerazione fu usato il confronto con il sestante di Canivet, con osservazioni condotte sulla posizione di alfa Auriga (la Capra), una stella che alla latitudine di Milano passa molto vicina allo zenit e per questo fu spesso usata come riferimento dagli astronomi braidensi. Molto più tardi, nel 1833, fu eseguita una accurata verifica del principio di numerazione. Carlo Kreil usò con il quadrante murale un collimatore di Kater acquistato per stabilire il principio di numerazione del circolo meridiano di Starke. Le osservazioni, eseguite nel periodo settembre 1833 - gennaio 1834, consistevano in cinque misure ripetute ogni 3 ore a partire dalle sei di mattina fino alla mezzanotte.

Kreil intendeva evidenziare le fonti di errore, separando gli errori di costruzione e posizionamento da quelli legati agli spostamenti dell'intero fabbricato e alle variazioni di temperatura: per questo un primo termometro era collocato all'esterno del muro di sostegno, con il bulbo ricoperto di carta bianca per evitare i raggi solari diretti, e un secondo era sospeso vicino al quadrante. Kreil non riuscì però ad ottenere quanto si prefiggeva, cioè una tabella di correzioni particolarmente precisa che permettesse di ricavare dal quadrante misure dalla precisione confrontabile con quella degli strumenti di nuova costruzione.

Dimensioni
raggio: 244

Riferimenti
inv.AS; inv.1815; inv.1834(31); inv.1837(34); inv.1842(34); inv.1867(84); inv.1921(84); ms
20; ms 7; ms 26
De Cesaris (1791); De Cesaris (1803); De Cesaris (1812); De Cesaris (1818); Kreil (1834);
app.1

12. Dinametro di Ramsden

(...), (I metà XIX sec.), Merate, 1029



Lo strumento serve per misurare il numero di ingrandimenti che si ottengono da un telescopio con un determinato oculare. Invece di ricavare il valore per mezzo del rapporto fra la lunghezza focale dell'obiettivo e la lunghezza focale dell'oculare lo si ricava attraverso il rapporto fra il diametro dell'obiettivo e il diametro della sua immagine vista nell'oculare. Il dinametro consiste in un oculare positivo che ha nel fuoco una scala graduata, spesso incisa su madreperla. Lo si usa ponendolo dopo l'oculare montato sul telescopio e osservando l'immagine formata da questo: per mezzo della scala graduata si misura la sua grandezza. Dato che è difficile conoscere con precisione il diametro dell'obiettivo, perchè possono esserci dei diaframmi interni, si usava porre davanti ad esso un diaframma di diametro noto. Successivamente i dinametri furono dotati di una lente divisa le cui metà erano mosse da un movimento micrometrico, secondo lo stesso principio degli eliometri: le misure erano ricavate dal numero di giri necessari per spostare le semilenti fino a far coincidere le due metà dell'immagine.

Il dinametro è contenuto in un cilindro di legno chiuso da un coperchio sul quale si trova una targhetta con il numero 135.

Dimensioni

lungh.: 4.5

diametro oculare: 1.5

diametro tubetto: 1.3

Riferimenti

inv.1921(135)

Pearson (1829, vol.2: p.46-55)

13. Circolo moltiplicatore

Reichenbach, Monaco, 1808, Brera, 1006

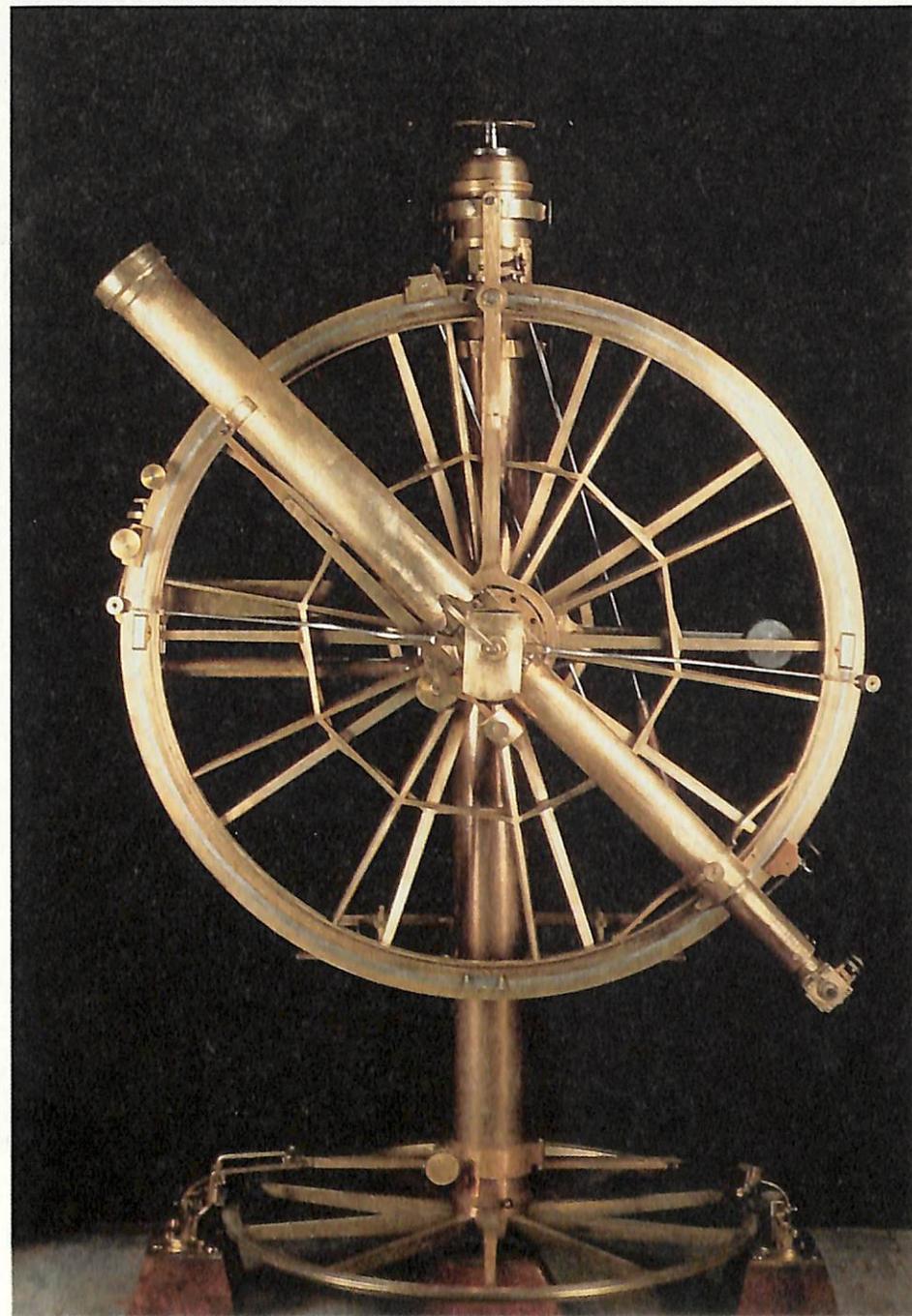
Questo strumento era uno dei principali dell'osservatorio e uno dei più significativi della produzione di Reichenbach. Ordinato da Barnaba Oriani nel 1807 grazie all'interessamento del barone Zach, il cerchio giunse a Milano nel 1809, e fu collocato nel 1810 nella torretta nord-ovest dell'osservatorio, opportunamente adattata. Era uno dei primi moltiplicatori di grandi dimensioni (un metro circa di diametro), e strumenti dello stesso tipo vennero acquistati anche da altri osservatori, per esempio da quello di Parigi. Era accompagnato da accurate istruzioni per il montaggio, e nel 1814 lo stesso Reichenbach passò da Milano per compiere alcune regolazioni e verificarne le prestazioni (il costruttore era già venuto a Milano nell'ottobre 1809 per il montaggio dello strumento, ma probabilmente la cupola non era ancora pronta).

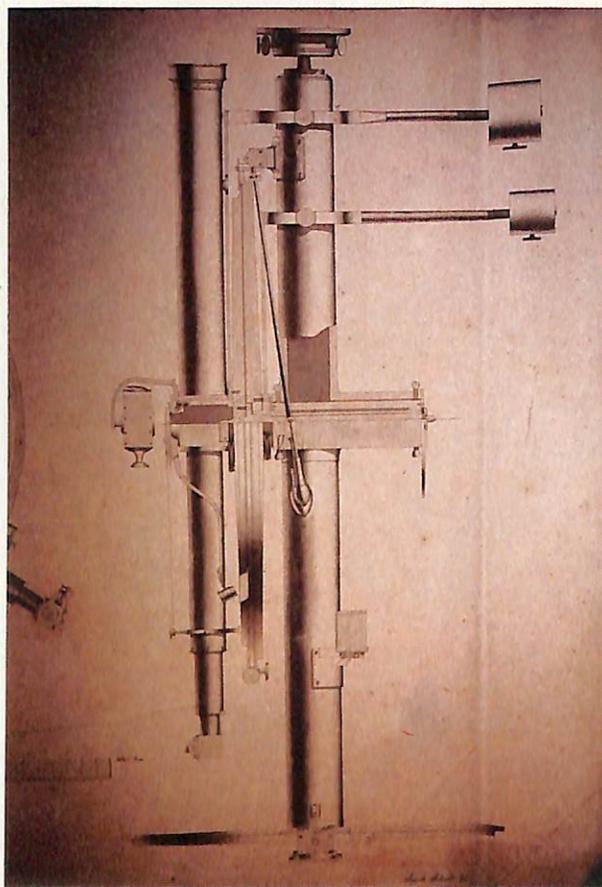
Con il cerchio moltiplicatore furono eseguite numerose osservazioni di astronomia di posizione. Barnaba Oriani determinò la latitudine della Specola attraverso l'osservazione di stelle circumpolari, compilò un catalogo delle declinazioni di 40 stelle, studiò la rifrazione atmosferica misurando distanze zenitali del Sole. Con questo strumento, inoltre, fu eseguita una lunga e praticamente ininterrotta serie di osservazioni dei solstizi per determinare l'obliquità dell'eclittica e le sue variazioni nel tempo: la serie, iniziata da Barnaba Oriani e proseguita, a partire dal 1830, da Francesco Carlini, si estende dal 1810 al 1844. Il cerchio era usato ancora negli anni 1850; nel 1874, ormai non più utilizzato, fu tolto dalla cupola in cui era alloggiato e portato al riparo nelle stanze dell'osservatorio.

Lo strumento è sostenuto da una lunga colonna di bronzo che può ruotare attorno alla verticale; le estremità della colonna, sottili e di forma conica, riposano in appositi alloggiamenti. Il sostegno superiore porta quattro viti con cui si può aggiustare in modo preciso la verticalità della colonna. Il sostegno inferiore era fissato ad una base di pietra che a sua volta era collegata a due pilastri verticali di granito.

Superiormente questi erano uniti da un telaio di ferro a cui era fissato il sostegno superiore: tutta la struttura era molto solida per evitare spostamenti anche minimi.

La colonna porta due cerchi verticali d'ottone, uno interno all'altro, complanari e concentrici, con cui si può eseguire la moltiplicazione degli angoli (vedi appendice 5): i due cerchi sono così vicini da sembrare un unico cerchio, ma possono ruotare indipendentemente l'uno dall'altro senza toccarsi. Una ganascia con movimento micrometrico che si trova attaccata alla colonna sopra il cerchio più esterno permette di bloccare quest'ultimo nella posizione voluta. Usando un'asta con una manopola si chiude e apre la ganascia, e con un'altra asta si impartiscono gli spostamenti micrometrici. Su questo cerchio è inciso "Reichenbach Utzschneider und Liebherr in München". Il cerchio più interno è il cerchio alidada e ad esso è attaccato il telescopio. Una ganascia con vite micrometrica posta vicino all'oculare consente di





Spaccato del cerchio moltiplicatore di Reichenbach visto di lato.

fissare questo cerchio al cerchio esterno. Ciascun cerchio, con i suoi raggi e i rinforzi dei raggi (che disegnano complessivamente un poligono a metà dei raggi), è fuso in un unico pezzo, secondo una tecnica tipica di Reichenbach e che costituiva una novità costruttiva introdotta per minimizzare gli errori dovuti alla dilatazione termica dei metalli. Gli assi dei due cerchi, orizzontali e perpendicolari alla colonna di sostegno, sono uno interno all'altro e passano entro un parallelepipedo posto a metà della colonna; la loro esatta orizzontalità è regolata per mezzo di quattro viti. Due contrappesi diminuiscono il carico di ciascun cerchio sull'asse orizzontale.

Sul cerchio più esterno è applicata una lamina d'argento su cui sono incise le divisioni. Il cerchio è diviso in 400 gradi decimali numerati di cinque in cinque; ogni grado è poi diviso in 20 parti. Il cerchio alidada porta quattro nonii equidistanti che scorrono vicinissimi al lembo con le divisioni e sul suo

stesso piano, così da evitare errori di parallasse nella lettura. Ogni nonio è diviso in 100 parti, numerate ogni 20; la lettura minima è di $5/10000$ di grado decimale, corrispondenti a $1''.62$. Un braccio portava due microscopi per la lettura delle divisioni.

All'estremità inferiore della colonna di sostegno c'è un cerchio orizzontale con cui si misurano angoli di azimut. Il cerchio è diviso in 400 gradi decimali, e ciascuno di questi in 10 parti. Due nonii con 100 divisioni ciascuno sono fissati alla base orizzontale: per mezzo di essi si legge il millesimo di grado decimale, corrispondente a $3''.2$.

Si verificava la posizione dello strumento per mezzo di una livella a bolla (ora mancante) attaccata alla colonna di sostegno. In seguito, su suggerimento del barone Zach, fu aggiunta una seconda livella, attaccata al cerchio: questa permette di rilevare eventuali spostamenti che il cerchio può subire, anche se bloccato, a causa di una tenuta imperfetta della morsa oppure della elasticità del metallo della morsa o della vite micrometrica.

Sull'asse orizzontale, dalla parte opposta ai cerchi, c'è un piccolo semicerchio su cui un indice collegato al cerchio alidada permette il puntamento approssimato del telescopio.

Mancano le ottiche del telescopio. L'obiettivo, acromatico, aveva un'apertura di circa 8 cm (3 pollici e 2 linee) e una lunghezza focale di 110 cm circa (3.5 piedi). All'oculare è applicato un micrometro con tre fili verticali fissi e due fili orizzontali, uno dei quali mobile grazie ad una vite micrometrica. Attaccato alla testa di questa c'è un indice che scorre su una scala graduata, divisa in 95 parti, indicando i giri e le frazioni di giro della vite: conoscendo il valore in secondi d'arco del tratto percorso dal filo con un giro della vite, è possibile misurare angoli molto piccoli. Al telescopio è applicato un contrappeso che ne previene la flessione.

All'interno del tubo del telescopio, a metà circa della sua lunghezza, c'è uno specchietto forato disposto a 45° : serve a riflettere verso i fili del micrometro la luce, passante attraverso un piccolo foro del tubo, di una lampada esterna. La luce è smorzata da un vetro che copre l'apertura, e può essere regolata per mezzo di una forbice a lame piane che aprono o chiudono l'apertura.

Dimensioni

diametro cerchio verticale: 100

diametro cerchio orizzontale: 74.5

altezza colonna di sostegno (tra i supporti): 160

Riferimenti

inv. AS; inv. 1815; inv. 1834(168); inv. 1837(156); inv. 1842(156); inv. 1867(3); inv. 1921(3); ms 4a; ms 20; ms 30; ms 31a
De Cesaris (1810); Oriani (1811); Oriani (1814); Oriani (1816); Pearson (1829); Carlini (1835); Miotto (1988); app.5

14. Teodolite ripetitore

Reichenbach und Ertel, Monaco, (1820), Brera, 1007

Lo strumento, costruito in ottone, serve per misure geodetiche. La sua struttura permette di eseguire la ripetizione degli angoli (vedi appendice 5). Infatti il cerchio orizzontale è in realtà formato da due cerchi complanari, uno interno all'altro; questi hanno una separazione minima fra loro e ruotano attorno ad un centro comune. Il cerchio più interno (cerchio alidada) può essere unito al cerchio esterno tramite una morsa a vite; il cerchio esterno può a sua volta essere fissato, tramite una morsa a vite, alla colonna di sostegno. Entrambi i cerchi sono fusi in un unico pezzo. Le morse sono dotate di regolazione micrometrica.

Lo strumento ha due cannocchiali. Quello inferiore, fissato alla colonna di sostegno, serve per controllare, attraverso l'osservazione di un oggetto scelto come mira, che lo strumento non abbia subito spostamenti durante l'uso.

Il cannocchiale superiore viene puntato a turno sugli oggetti fra i quali si vuole misurare l'angolo. Il cannocchiale può ruotare attorno ad un asse orizzontale le cui estremità appoggiano su due sostegni fissati al cerchio alidada, secondo una struttura simile a quella degli strumenti dei passaggi. L'asse del cannocchiale può essere sganciato dai sostegni così da eseguire l'inversione, cioè si può ruotare l'asse in modo da scambiare fra loro i punti di appoggio delle sue estremità: questa operazione permette di determinare l'errore nella collimazione del cannocchiale. Per verificare l'orizzontalità dell'asse vi è una livella a bolla appoggiata alle sue estremità.

Sul barilotto dell'obiettivo di entrambi i cannocchiali è incisa la scritta "Utzschneider und Fraunhofer in München"; la loro apertura è di 3.6 cm. Gli obiettivi sono acromatici e nel loro fuoco è posto un crocifilo.

Il cerchio più esterno è diviso in intervalli di 5', con una indicazione numerica ogni 10°; a metà di ogni intervallo di 10° è inciso il numero 5.

Il cerchio più interno, che costituisce l'alidada, porta quattro nonii equidistanti, con ciascuno dei quali si possono leggere i quattro secondi d'arco. Usando la moltiplicazione degli angoli, l'utilizzatore poteva apprezzare il secondo d'arco.

Le divisioni del lembo e dei nonii sono incise su una lastrina d'argento per facilitarne la lettura, che avviene attraverso due microscopi portati da un braccio ruotante attorno al centro. Sul cerchio diviso è incisa la scritta "Reichenbach und Ertel in München".

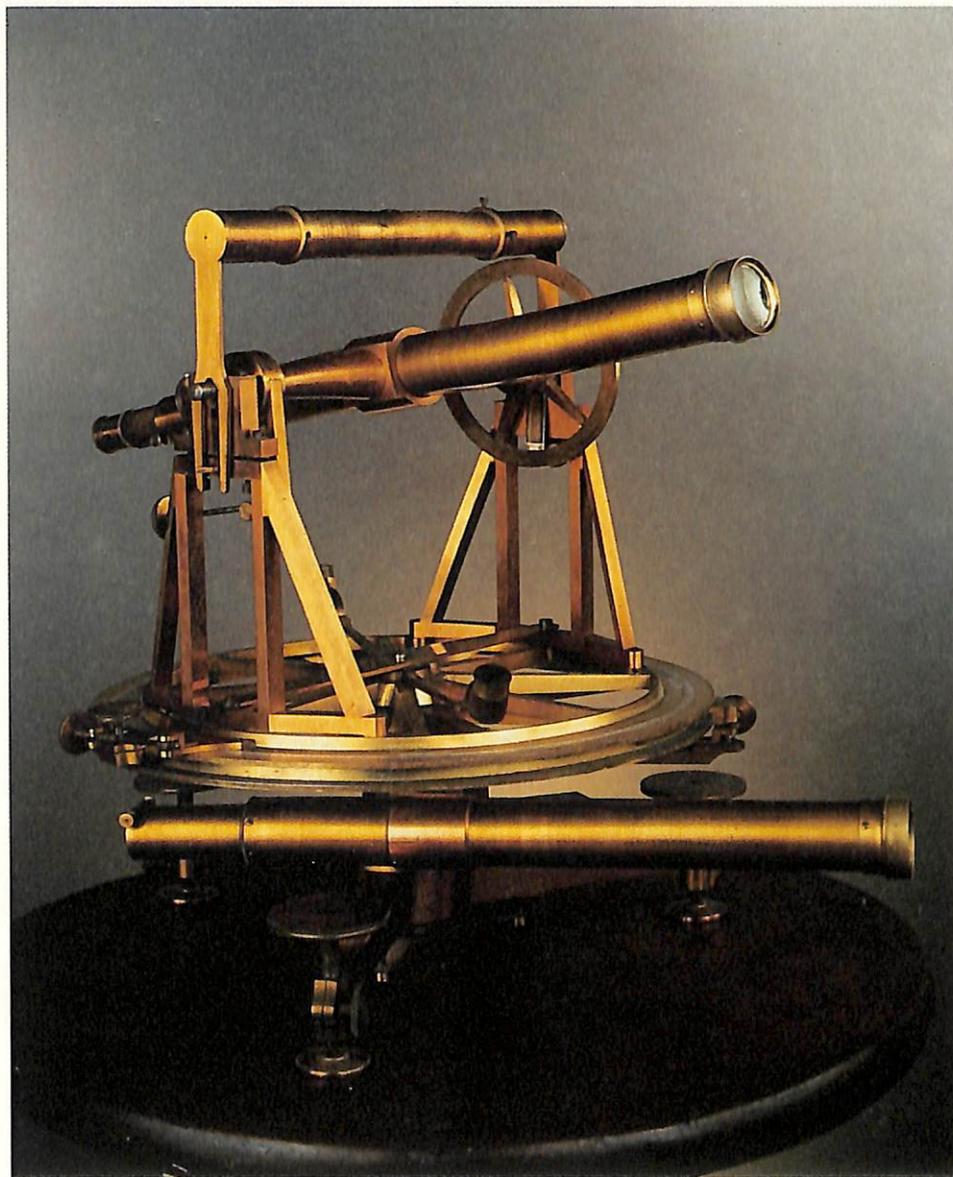
L'asse orizzontale porta un piccolo cerchio verticale: questo è diviso in intervalli di 15' e, anche in questo caso, la divisione è incisa su una lastrina d'argento e viene letta con l'aiuto di una lente portata da un piccolo braccio mobile.

Dimensioni

diametro cerchio orizzontale diviso: 32

diametro cerchio verticale: 13.6

lunghezza tubo cannocchiali: 42.7

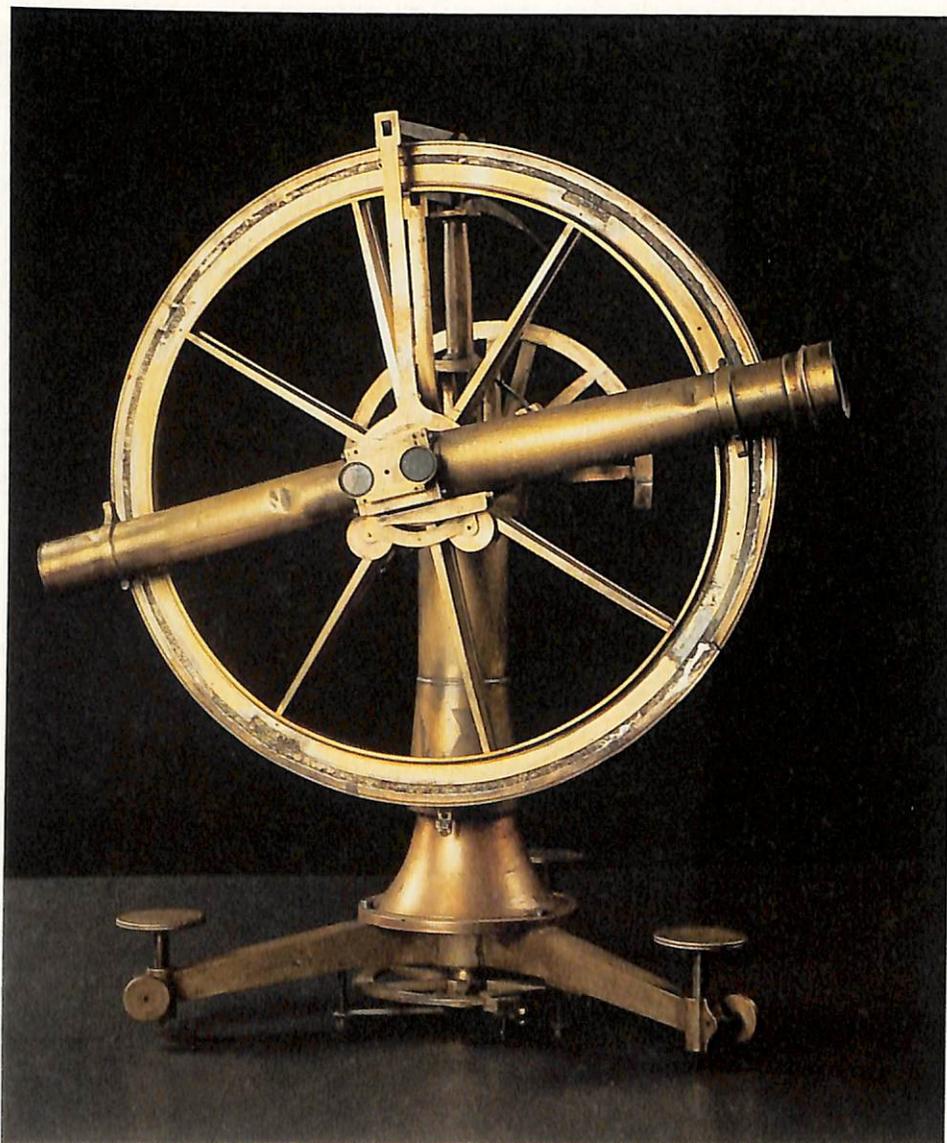


Riferimenti

(inv.1834(95)); inv.1837(126); inv.1842(126); inv.1867(10); inv.1921(10)
Carlini (1824, p.40-41); Carlini (1836); Miotto (1988); app.5

15. Circolo moltiplicatore

Jaworski, Vienna, 1822, Brera, 1008



Dimensioni
diametro cerchio: 53

Riferimenti
inv.1837(134); inv.1842(134); (inv.1867(17)); inv.1921(12); ms 20
Carlini (1828); Carlini (1830); Capelli (1834); Miotto (1988); app.5

È un cerchio moltiplicatore a livello fisso, il cui cerchio, cioè, può essere disposto solo su piani verticali. Fu costruito da Andreus Jaworski all'I.R.P. politecnico di Vienna e verificato, prima della spedizione a Milano, da J.J.von Littrow (1781-1840), direttore dell'Osservatorio di Vienna, che lo giudicò accurato e affidabile. Arrivato a Milano nel 1824, fu usato da Carlini negli anni immediatamente successivi per una serie di osservazioni dedicate alla verifica di alcuni parametri astronomici fondamentali, quali l'altezza del polo (quindi la latitudine dell'osservatorio), l'obliquità dell'eclittica attraverso l'osservazione del Sole ai solstizi, le costanti della rifrazione. Lo strumento è stato molto danneggiato durante il bombardamento subito da Milano nell'agosto del 1943, e manca di numerose parti.

Lo strumento ha due cerchi verticali di dimensioni simili, uno interno all'altro, concentrici e complanari; questi potevano ruotare attorno al comune centro di rotazione indipendentemente l'uno dall'altro. Il cerchio alidada (quello più interno, a cui è attaccato il telescopio) poteva essere fissato al cerchio diviso tramite una ganasce a vite; a sua volta il cerchio diviso (più esterno) poteva essere fissato alla colonna verticale per mezzo di una seconda ganasce attaccata alla colonna, in basso (ora mancano entrambe le ganasce). Era questa la caratteristica strutturale che permetteva di eseguire la ripetizione degli angoli (vedi appendice 5).

La divisione del cerchio era probabilmente incisa su una lastrina d'argento, così come le divisioni dei quattro nonii del cerchio alidada: ora, però, tutte le divisioni mancano. Probabilmente i nonii permettevano di leggere i 4 secondi d'arco. Sul cerchio diviso sono incise le scritte "I.R. polyt. Institut in Wien" e "Andreus Jaworski".

Gli assi dei due cerchi, uno interno all'altro, sono orizzontali e perpendicolari alla colonna verticale di sostegno. Sia il cerchio diviso che quello alidada erano sostenuti da contrappesi per evitare che il loro peso esercitasse sforzi eccessivi sugli assi causando deviazioni dal piano verticale. La posizione dello strumento veniva verificata con due livelle a bolla, una posta alla sommità della colonna verticale e l'altra fissata alla parte posteriore del cerchio diviso. Dalle misure pubblicate si ricava la precisione dello strumento, espressa dalla deviazione standard: in un gruppo di misure è di $1''.94$ mentre in un altro è di $2''.60$, con una media di $2''.20$.

Il telescopio è privo delle ottiche. Sul barilotto dell'obiettivo è incisa la scritta "Utzschneider und Fraunhofer in München". Probabilmente il telescopio aveva un contrappeso per prevenirne le flessioni. L'illuminazione dei fili del reticolo posti nel fuoco dell'oculare avveniva tramite uno specchietto forato che si trovava al centro del telescopio e rifletteva la luce inviata da una lampada esterna attraverso un foro. L'intensità dell'illuminazione era regolabile grazie a un filtro colorato, montato in modo da scorrere davanti al foro d'entrata della luce. In qualche occasione Francesco Carlini usò per l'illuminazione uno specchietto da lui posto davanti all'obiettivo.

16. Inclino metro

(...), (I metà XIX sec.), Merate, 1030

Lo strumento permette di misurare l'inclinazione di un ago magnetico rispetto al piano orizzontale: l'ago è libero di ruotare attorno ad un asse orizzontale, e rimane sempre nel piano verticale. Si è persa la scala circolare, probabilmente di diametro pari a 6 pollici, che permette di misurare l'inclinazione. Lo strumento è dello stesso tipo di quelli costruiti da H.P. Gambey (1787-1847), collaboratore e successore di Etienne Lenoir (1744-1832); nel 1810 Pietro Moscati comperò a Parigi un inclinometro per conto dell'osservatorio, ma non ci sono sufficienti elementi per identificarlo con quello conservato.

L'ago magnetico ha la forma di un rombo molto allungato. Al centro vi è un piccolo asse, perpendicolare al piano dell'ago, che termina ad entrambe le estremità con una punta sottile; una delle punte è rotta, e l'altra mostra tracce di una saldatura recente. Le due punte appoggiano su lastre di pietra dura inserite nelle due aste orizzontali di sostegno; queste sono rette da montanti verticali che appoggiano su una lamina metallica rettangolare, imperniata sulla colonna di sostegno. La colonna verticale, in ottone, ha tre gambe terminanti con viti calanti; superiormente porta un cerchio d'ottone orizzontale con il lembo diviso in 360° , la cui numerazione è 0-180-0.

La lamina che forma la base dello strumento può ruotare attorno alla verticale, e attaccato ad essa si trova un braccio che termina con un nonio e una ganaschia a vite. L'estremità del braccio scorre lungo il lembo del cerchio diviso; il nonio ha lo zero centrale, e da una parte e dall'altra dello zero ci sono 6 divisioni che permettono di leggere i $10'$.

Per proteggere l'ago dai movimenti dell'aria vi è una scatola che viene infilata sopra i sostegni dell'ago fino alla lamina metallica di base; le due pareti maggiori di questo contenitore sono di vetro mentre le altre sono di legno. La scatola di protezione è fissata con due viti alla base. Sul lato superiore della scatola si trova una livella a bolla.

Dimensioni

altezza totale: 36

dim. del contenitore: 24.1 x 22.5 x 5.9

diam. cerchio orizzontale: 19.5

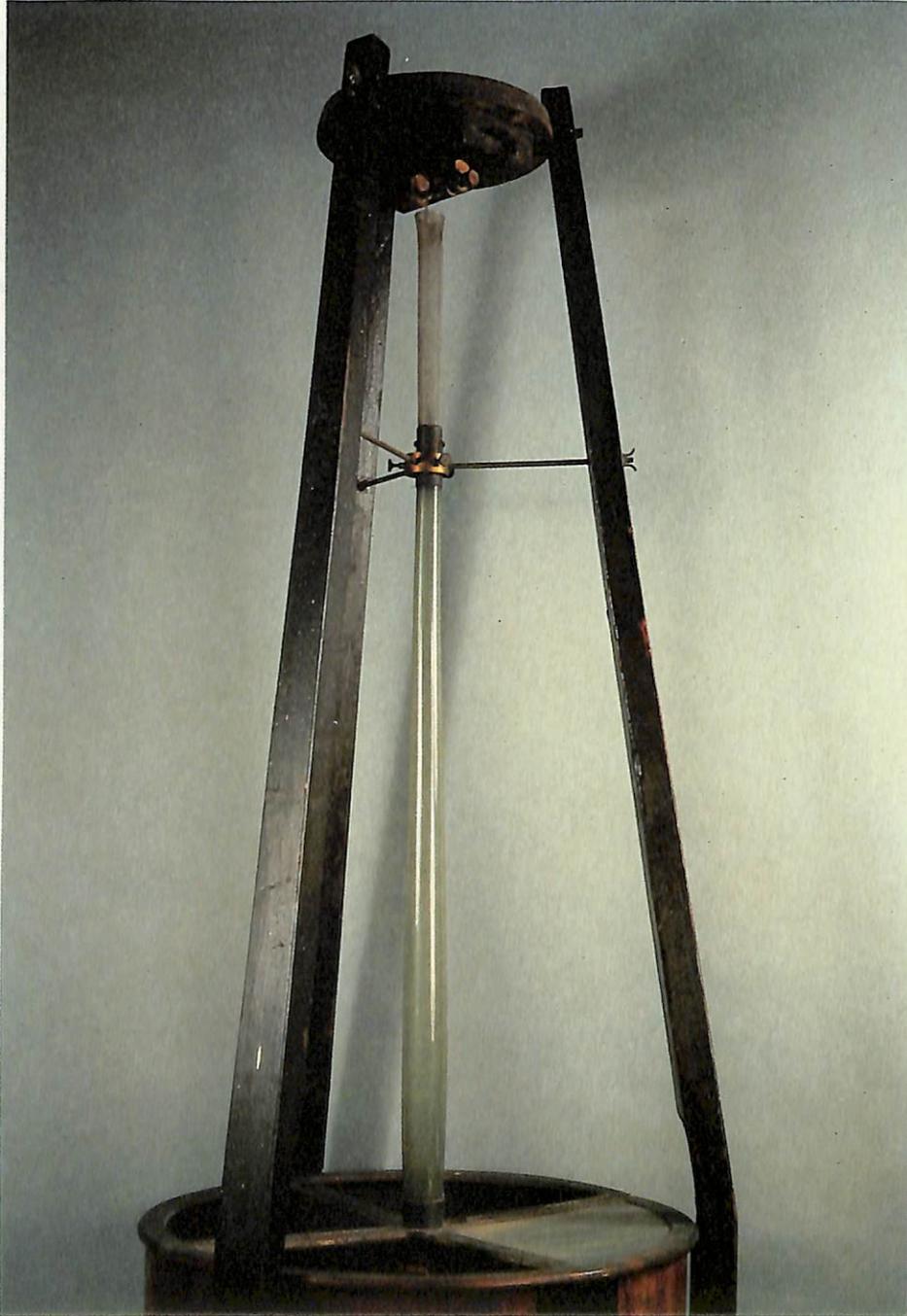
Riferimenti

(inv. AS); (inv. 1815); (inv. 1834(123)); inv. 1837(114); inv. 1842(114); inv. 1867(32); inv. 1921(32)
McConnell (1980, p.21); Multhaus-Good (1987, pp.11-19)



17. Declinometro

Meyerstein, Göttingen, 1835, Brera, 1009



Costruito nel 1835 per l'Osservatorio di Vienna, l'anno successivo fu ceduto dal suo direttore, von Littrow, all'Osservatorio di Brera.

Lo strumento serve a rilevare con grande precisione la declinazione magnetica, ossia l'angolo tra la componente orizzontale del campo magnetico e la direzione del nord geografico. Si può così determinare la variazione, diurna o su periodi più lunghi, della declinazione magnetica e, integrando con altri dati, l'intensità assoluta del campo magnetico terrestre. Gli astronomi analizzarono in seguito anche i legami fra le variazioni della declinazione magnetica e l'attività solare.

Nel 1834 Karl Friedrich Gauss (1777-1855) aveva proposto un piano per misure accurate del magnetismo terrestre da eseguirsi contemporaneamente in molte località diverse, e numerosi osservatori e università avevano aderito al progetto. Nel 1835 erano passati da Milano due allievi di Gauss, Sartorius e Listing, che, con i loro strumenti, avevano compiuto presso l'osservatorio una serie di misure magnetiche; Milano era solo una tappa di un lungo viaggio in Italia dedicato a quel tipo di rilevazioni. Osservando gli strumenti usati, Grindel, l'allora meccanico dell'osservatorio, aveva costruito strumenti simili, con i quali gli astronomi braidensi avevano iniziato le osservazioni. L'arrivo dello strumento di Meyerstein aveva potenziato la dotazione dell'osservatorio; nel 1837 l'apparato di Grindel veniva ceduto al Gabinetto fisico e meteorologico dell'Università di Pavia. Fino al 1839 si compivano sei osservazioni giornaliere, ridotte a tre nel periodo 1839-1843 ed eseguite alle ore 8, 13 e 23; nel 1843 furono stabilite quattro osservazioni giornaliere, alle 8, 12, 14 e 20. Questi orari erano gli stessi per tutti gli osservatori che partecipavano al progetto internazionale (con ovvi cambiamenti nel caso di fusi orari differenti). Oltre a queste si era convenuto di eseguire in determinati periodi osservazioni più frequenti, ogni 5 minuti per 24 ore; inizialmente erano stati scelti sei giorni all'anno (l'ultimo sabato di ogni secondo mese), ridotti poi a quattro. Dal 1840, aderendo alla proposta della Royal Society di Londra, fu fissato un giorno al mese. Data la mole del lavoro, più persone dovevano occuparsi di questo campo di ricerche: all'Osservatorio di Brera fu soprattutto Carl Kreil, allora primo allievo e in seguito direttore dell'Osservatorio di Praga. Kreil fu aiutato da Roberto Stambucchi, Giovanni Capelli, Carlo Della Vedova.

Anche dopo la fine dei progetti internazionali vennero eseguite presso l'Osservatorio di Brera regolari osservazioni magnetiche, almeno due volte al giorno (in seguito la cura delle osservazioni sarà affidata a Curzio Buzzetti); la serie di misure si estende, praticamente ininterrotta, fino al nostro secolo. Lo strumento è formato da una sbarra d'acciaio magnetizzata sospesa, tramite un lungo filo, ad un sostegno di legno. La sbarra magnetizzata si trova all'interno di un contenitore cilindrico di legno che serve da protezione contro movimenti dell'aria che ne perturberebbero la posizione; il contenitore è chiuso superiormente da quattro spicchi di vetro, sorretti da guide di legno.

Sul suo fianco è praticato un foro, chiuso da vetro, per permettere l'osservazione della posizione della sbarra, indicante la declinazione magnetica. Il contenitore è sostenuto da tre gambe di legno, terminanti con viti calanti, che proseguono al di sopra di esso, e sono unite alla sommità da un disco di legno. Nel centro di questo è fissato il filo che regge la sbarra magnetizzata; il filo è protetto da un tubo di vetro. Il filo era di seta, della lunghezza di circa due metri; veniva ottenuto avvolgendo fra loro 100 o 120 fili semplici. Il filo è fissato inferiormente ad una staffa che sorregge il magnete. L'attacco del filo può essere ruotato così da compensare un'eventuale torsione; un piccolo cerchio, diviso in 360° fornisce l'indicazione dell'angolo di rotazione. Sul cerchio è incisa la scritta: "M. Meyerstein in Göttingen".

Ad una estremità della sbarra viene applicata una leggera armatura in grado di reggere un piccolo specchio rettangolare. Questo serve per la misura della direzione della sbarra, che veniva determinata tramite un cannocchiale o un teodolite nel seguente modo: si disponeva lo strumento in modo che l'apertura a lato del contenitore fosse orientata verso il polo nord magnetico, e si metteva lo specchietto sulla estremità corrispondente della sbarra. Allineato con lo specchietto si disponeva, a qualche metro di distanza, un piccolo cannocchiale con crocifilo; spesso fu usato un teodolite, in particolare quello di Reichenbach ed Ertel. Al di sotto del teodolite si poneva una scala graduata perpendicolare alla direzione della sbarra magnetizzata: in questo modo con il cannocchiale si leggeva la scala riflessa dallo specchietto. Con opportune procedure, per esempio facendo oscillare orizzontalmente la sbarra, si ricavano i valori cercati; naturalmente bisognava conoscere alcuni parametri dello strumento, per esempio il coefficiente di torsione del filo, che venivano stabiliti attraverso apposite misure iniziali.

Dimensioni

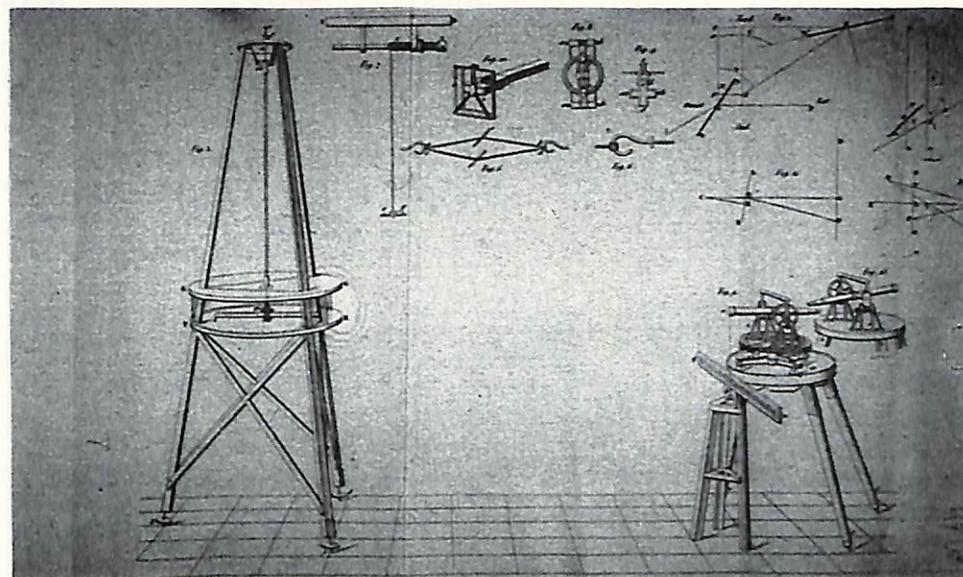
diametro del contenitore della sbarra magnetizzata: 98.5

altezza totale: 330

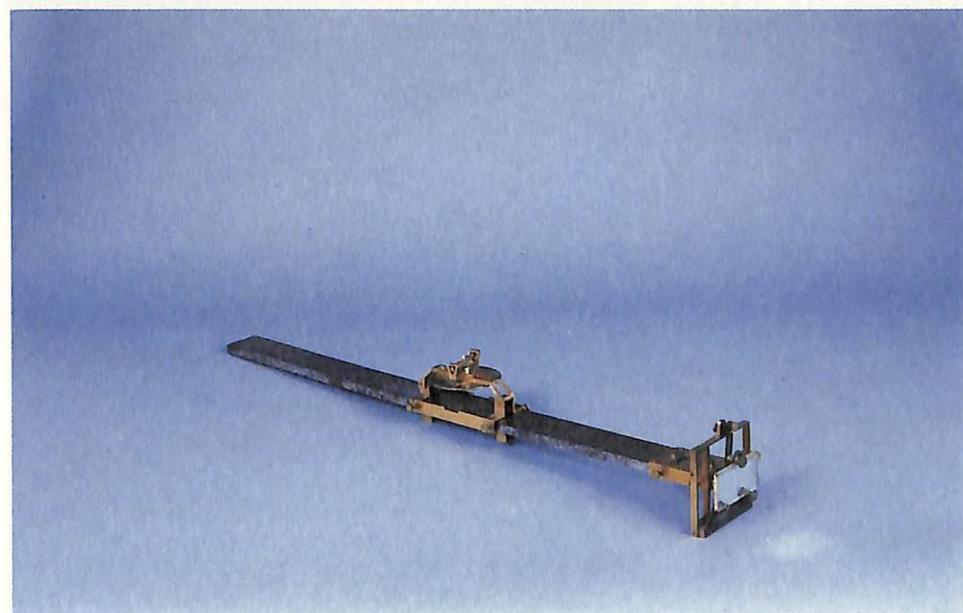
sbarra d'acciaio (recante inciso "N.4"): 60.9 x 3.8 x 0.9

Riferimenti

inv.1837(17); inv.1842(17); inv.1867(13); inv.1921(13); ms 19
Kreil (1838); Buzzetti (1864); Schiaparelli (1874)



Disposizione sperimentale per l'esecuzione delle misure con il declinometro di Meyerstein.



Sbarra magnetizzata del declinometro.

18. Macchina parallattica

(Grindel, Milano, I metà XIX sec.), Brera, 1011



L'attribuzione di questo strumento è incerta in quanto i riferimenti negli inventari e nelle relazioni sono ambigui. Sui raggi del cerchio di declinazione è incisa la scritta "Carlo Grindel in Milano" ma alcuni indizi fanno pensare che possa trattarsi di una macchina iniziata precedentemente da Giuseppe Megele e modificata successivamente da Grindel.

La montatura, parallattica, non permette di puntare a qualunque declinazione il cannocchiale, perchè questo, ad un certo punto, urta contro il cerchio di ascensione retta.

Il cerchio di ascensione retta è diviso in intervalli di un minuto di ascensione retta; vi sono incise le indicazioni numeriche delle ore e dei 20 minuti (ricordiamo che 1 ora di ascensione retta corrisponde a 15°). Un braccio mobile sembrerebbe servire per portare un nonio, ma sulla piastrina alla sua estremità non si vedono divisioni, anche se sono incise le cifre 0 e 15. Il cerchio ha il bordo esterno filettato, su cui ingrana una vite senza fine tangente al cerchio che permette i movimenti micrometrici. La vite è tenuta a contatto del cerchio per mezzo di una lamina metallica e può essere disimpegnata per movimenti più ampi e veloci.

Sul cerchio di declinazione c'è una lastrina d'argento senza divisioni. Le uniche divisioni sono quelle delle decine di gradi incise sull'ottone del cerchio. Le indicazioni numeriche vanno da 0° a 170° , oltre cui si trova un nuovo 0° ; dopo, la numerazione va da 170° allo zero iniziale. Un braccio mobile con una estremità nel centro del cerchio doveva servire per portare un nonio; ora, però, l'estremità libera è spezzata. Il bordo del cerchio è filettato; manca la vite senza fine che assicurava il movimento micrometrico.

L'asse del cerchio di ascensione retta (cioè l'asse orario) può essere fissato a varie inclinazioni grazie a un arco di 60° , diviso in intervalli di 0.5° e con indicazioni numeriche ogni 10° .

Dimensioni

lunghezza del tubo del cannocchiale (senza oculare): 81

diametro del tubo: 8

diametro cerchio AR: 27

diametro cerchio declinazione: 26.5

Riferimenti

(inv.1834(127 oppure 129)); (inv.1837(128)); (inv.1842(128)); (inv.1867(28)); (inv.1921(29 oppure 89))

Bell (1922)

19. Orologio a pendolo

Robin, Parigi, 1784, Merate, 1045

Negli osservatori astronomici l'orologio era uno strumento indispensabile. Regolato in tempo sidereo e associato a uno strumento dei passaggi, permetteva di rilevare l'istante del transito al meridiano di un oggetto celeste, da cui si ricavava l'ascensione retta (una delle due coordinate dell'oggetto). L'orologio poteva anche essere usato per misure di differenze di longitudine terrestre: uno dei metodi, diffusosi dall'inizio del XIX secolo, consisteva nella rilevazione, eseguita simultaneamente da luoghi diversi e con orologi regolati sui rispettivi tempi locali, dell'istante in cui avveniva l'accensione di un segnale luminoso visibile dai luoghi interessati.

Il pendolo di Robin faceva parte dell'insieme di strumenti appartenuti a Cagnoli che venne acquistato dal governo della Repubblica Cisalpina nel 1798 per l'osservatorio di Brera; l'insieme comprendeva anche la macchina parallattica di Mégnié che compare nel catalogo. L'orologio è del tipo "à remontoir", cioè dispone di un meccanismo a molla che solleva il peso motore, molto piccolo, una volta che questo sia sceso completamente (nel nostro caso la discesa durava due minuti). L'orologio era stato valutato 2400 lire, una cifra abbastanza elevata se la si confronta con le 3000 lire di uno strumento dei passaggi di Mégnié facente parte dello stesso insieme. Il quadrante è rotondo, di metallo smaltato; su di esso scorrono tre lancette di foggia differente imperniate al centro e presenta due scale concentriche, entrambe con 60 divisioni: la più esterna è numerata con numeri arabi da 0 a 60 ogni cinque divisioni, la più interna è numerata con numeri romani da I a XII ogni cinque divisioni. Sul quadrante c'è la firma "Robin Hr. du Roy".

Il pendolo è compensato con il sistema a griglia; all'estremità inferiore, poco sopra il peso, un ago scorre lungo una scala di metallo smaltato indicando la temperatura e il tipo di compensazione: sull'ago agiscono due lamine metalliche, una delle quali è collegata a una delle sbarre di cui è composto il pendolo, e si muove con essa. Sul pendolo è incisa la scritta "Pendule de Compensation/ Par Robin H. ger du Roy/ Paris 1784".

L'orologio è contenuto in una cassa con la parete anteriore e quelle laterali in vetro. Nella parte superiore della cassa si trovano tre molle in contenitori di ottone e l'ingranaggio che solleva il peso motore; le molle vengono caricate dall'esterno con una chiave apposita, una volta sollevato uno sportellino frontale. All'interno della cassa, in corrispondenza della punta del pendolo, c'è una scala a zero centrale con 24 divisioni per parte.

Dimensioni

diametro quadrante: 23.5

cassa: 152 x 47 x 26.5

Riferimenti

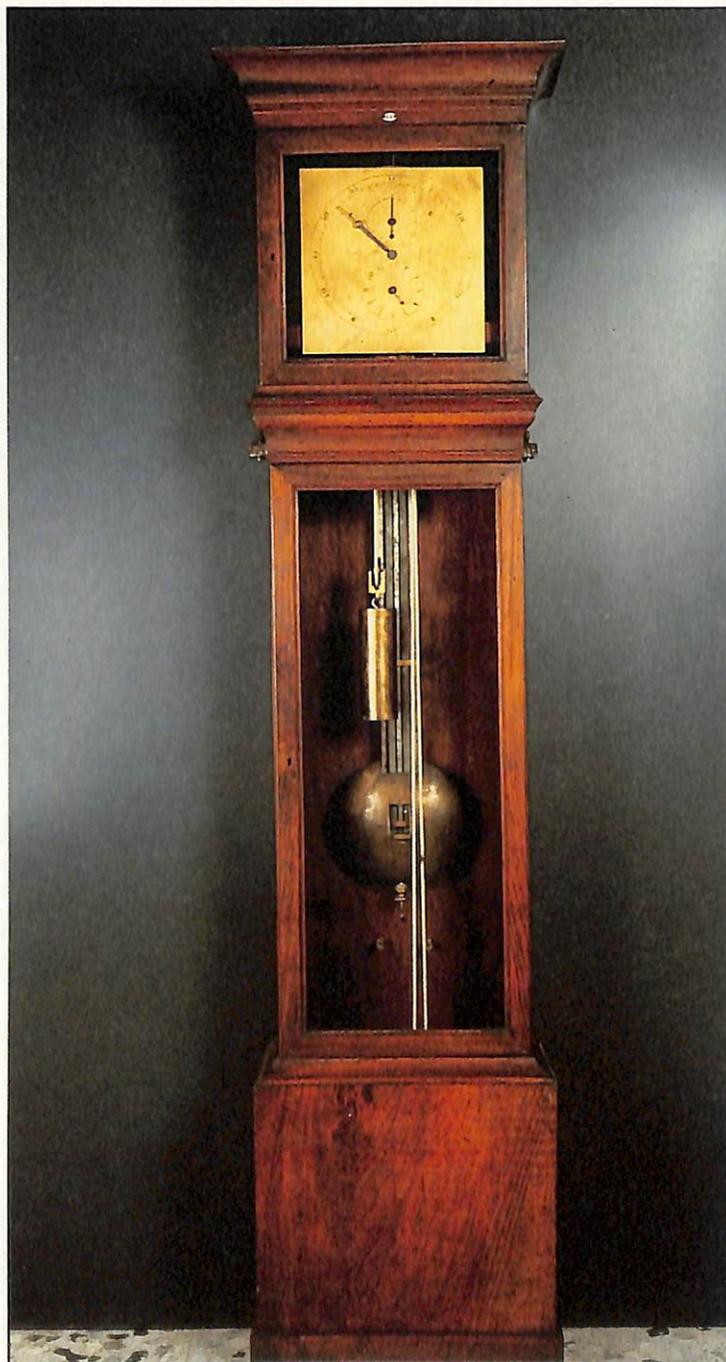
inv.1834(165); inv.1837(172); inv.1921(43)

De Cesaris (1813)



20. Orologio a pendolo

Grindel, Milano, I metà XIX sec., Brera, 1012



L'orologio è contenuto in una cassa di legno con due sportelli anteriori in vetro, uno per i quadranti e uno per il pendolo. Una lastra di ottone porta tre quadranti circolari, uno dei quali circonda gli altri due. Il quadrante di dimensioni maggiori è diviso in 60 minuti, con indicazioni numeriche ogni 5 minuti. Dei due più piccoli, il quadrante superiore è diviso in 60 secondi con indicazioni numeriche ogni 5 secondi, mentre il quadrante inferiore è diviso in 12 ore, ciascuna con l'indicazione numerica relativa. Sulla lastra di ottone è incisa la scritta "Carlo Grindel"; l'orologio non è datato.

Il pendolo è costruito secondo il metodo di Harrison (o "a griglia") per compensare le variazioni di lunghezza dovute ai cambiamenti di temperatura: è composto da cinque aste di due metalli diversi (probabilmente zinco e acciaio). Il peso del pendolo è in ottone e ha forma lenticolare.

Dimensioni

cassa: 205 x 51.5 x 30

quadrante: 27.4 x 28.6

Riferimenti

(inv.1842(209)); inv.1867 (orologi non meglio identificati sono elencati ai numeri: 44, 47, 48, 49, 56); inv.1921(44)

Faye (1881, vol.1)

21. Orologio a pendolo

Alberti, Milano, 1819, Brera, 1013

L'orologio fu richiesto nel 1824 per sostituire un precedente orologio, probabilmente di Megele. Prima di essere acquistato fu tenuto in prova per alcuni mesi, durante il 1825, nel periodo più freddo dell'anno e in quello più caldo: la verifica fu positiva, e l'orologio venne posto nella sala principale dell'osservatorio.

Il pendolo e il roteggio sono appesi ad una lastra di marmo contenuta in una cassa di noce. Questa ha una base di legno (con uno sportello anteriore) su cui appoggia una parte più stretta con due sportelli a vetri sulla faccia anteriore e vetri sui lati.

L'orologio è di tipo inconsueto, perchè il pendolo è sopra il roteggio e il quadrante. Il pendolo agisce sull'estremità di una leva, che porta all'altra estremità una piccola massa; ad ogni semioscillazione del pendolo questo abbassa la leva permettendo così il movimento della ruota dei secondi; il movimento è bloccato subito dopo, quando la leva si rialza sotto l'azione del peso alla sua estremità. L'impulso al pendolo viene dato alternativamente da due piccole leve collegate al roteggio. L'orologio è definito negli inventari "a forza costante", con riferimento alla forza peso costante che agisce sull'estremità della leva; fa parte degli orologi che hanno scappamento a gravità, anche se è di un tipo differente da quelli che si sono affermati in seguito. Il vantaggio di questo tipo di scappamento risiede nella mancanza di contatto diretto fra l'apparato della forza motrice e lo scappamento.

Il quadrante è rotondo. Il quadrante di dimensione maggiore è diviso in 60 minuti, con indicazioni numeriche ogni 5; questo circonda due quadranti più piccoli: quello superiore è diviso in 60 secondi, con indicazioni ogni 5, mentre quello inferiore è diviso in 24 ore, ciascuna indicata con un numero romano. Sul quadrante si legge la scritta "GIOACHINO ALBERTI INV. IN MILANO NEL MDCCCXIX".

Il pendolo è a compensazione, secondo il sistema "a griglia".

Dimensioni

diam. quadrante: 34

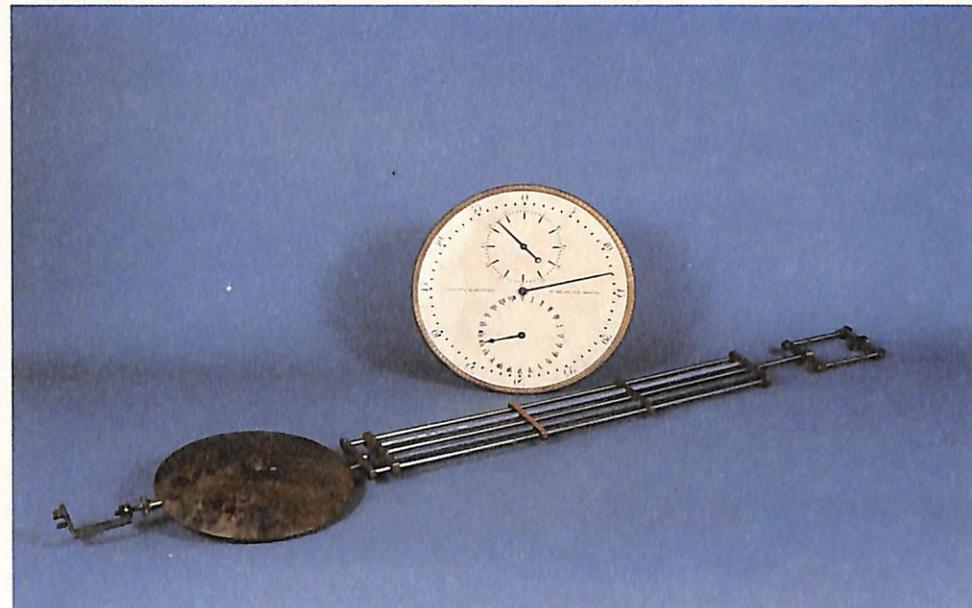
altezza totale della cassa: 341.7

dimensioni orizzontali base: 58.5 x 49.5

parte superiore: 53.2 x 27

Riferimenti

inv.1834(161); inv.1837(153); inv.1842(153); inv.1867(50); inv.1921(50); ms 4b
Gazeley (1956, p.93-100)



Quadrante e pendolo dell'orologio di Alberti (1819, Milano): l'orologio è stato tolto dalla cassa a causa di lavori di ristrutturazione dell'osservatorio e non è ancora montato.

22. Telescopio rifrattore

Merz, Monaco, 1863-1865, MNST, 1014



Fu ordinato nel novembre 1862 da Giovanni Virginio Schiaparelli, diventato direttore dell'osservatorio nell'agosto dello stesso anno. Da tempo era molto sentita la necessità di un nuovo strumento, che era stato richiesto inutilmente più volte al governo austriaco, sempre meno impegnato nello sviluppo di questa parte dell'impero. Nel 1859, con l'armistizio di Villafranca, la Lombardia veniva annessa al Piemonte e il nuovo governo dimostrò subito una maggiore sensibilità per i problemi dell'osservatorio; la stessa nomina di Schiaparelli doveva costituire un segno di rinnovamento. La richiesta per un nuovo strumento fu accolta rapidamente, grazie anche all'interessamento di Quintino Sella; sull'approvazione dell'acquisto pesò il prestigio recentemente conquistato da Schiaparelli con la scoperta di un nuovo pianetino, Esperia, avvenuta la sera del 29 aprile 1861.

Il telescopio giunse a Brera nell'estate del 1865. Schiaparelli aveva deciso di collocarlo nella torre nord-est, al posto della montatura provvisoria costruita per uno specchio di Amici, mai utilizzato pienamente.

Bisognava però costruire una nuova cupola e l'astronomo si era preoccupato già dal 1863 di richiedere dei progetti, ma il costo di questi superava il finanziamento accordato dal governo. Solo nel 1873 venivano stanziati i fondi necessari e i lavori potevano cominciare, finendo l'anno successivo.

Alla fine del 1874 il telescopio era finalmente posto nella nuova cupola; le osservazioni regolari cominciarono nel febbraio 1875, dopo un periodo preliminare di verifiche dello strumento.

Nelle intenzioni iniziali, il telescopio doveva essere usato per osservazioni di pianetini, comete e stelle doppie, ma con il nuovo telescopio Schiaparelli iniziò anche, abbastanza casualmente, una lunga serie di osservazioni planetarie che dovevano renderlo famoso fra il grande pubblico. Oltre alle determinazioni, di grande interesse astronomico, dei periodi di rotazione di Venere e Mercurio, Schiaparelli osservò lungamente Marte, a partire dall'opposizione, particolarmente favorevole, del 1877. Durante questa osservazione scoprì l'esistenza sul pianeta di numerose linee oscure e diritte, formanti una complessa rete: a queste strutture venne dato il nome di canali.

Il tubo del telescopio, di legno d'abete e di ottone, è sostenuto da una montatura equatoriale. Si trova, come in tutte le montature di tipo tedesco, ad una delle estremità dell'asse di declinazione, che a sua volta scorre in una guaina fissata all'estremità superiore dell'asse orario; questo asse, perpendicolare al primo, è diretto verso il polo celeste nord. All'estremità libera dell'asse di declinazione si trova il cerchio di declinazione; il cerchio di ascensione retta è all'estremità inferiore dell'asse orario. La montatura appoggia su una base piramidale di ferro costruita dalla Tecnomasio di Milano, su cui è fusa l'iscrizione: "PARATVM AERE PVBLICO ANNO MDCCCLXII/C. MATTEVCCI ET F. BRIOSCHI REM LITERARIAM GERENTIBVS"; attualmente mancano le formelle che decoravano la base. Lo strumento presenta le caratteristiche tipiche dei modelli di Fraunhofer. Il

moto orario era regolato da un dispositivo a orologeria a caduta di pesi simile a quello di Fraunhofer (Merz era ritornato a quel sistema dopo aver introdotto, senza successo, un regolatore del movimento costituito da un pendolo conico): le annotazioni di Schiaparelli mostrano però che non funzionava molto bene e aveva bisogno di essere regolato spesso (questo difetto sembra fosse comune negli strumenti di Merz di quel periodo). L'osservatore, rimanendo all'oculare, poteva impartire movimenti micrometrici al telescopio per mezzo di due lunghe aste. Lo strumento era equilibrato da contrappesi.

L'obiettivo (conservato a Brera) è un doppietto di 218 mm di apertura e 3.15 m di lunghezza focale ($f/14.5$). Dai risultati ottenuti nelle misure di stelle doppie si ricava che la sua risoluzione effettiva era abbastanza vicina alla risoluzione teorica, che secondo il criterio di Rayleigh è pari a $0,6''$ (per una lunghezza d'onda di 560 nanometri). L'obiettivo mostra una leggera colorazione verde che era già presente ai tempi di Schiaparelli. L'obiettivo è acromatico nella regione rosso-verde dello spettro, mentre produce un eccesso di azzurro: Schiaparelli correggeva l'effetto utilizzando un filtro giallo carico o arancione. Il telescopio è dotato di un cercatore e di un dispositivo di illuminazione del campo e dei fili del micrometro, costituito da due lampade (i fori di ingresso della luce nel tubo del telescopio potevano essere schermati con filtri colorati, montati su un cerchio).

Era corredato anche di un ottimo micrometro a filo mobile (vedi scheda successiva), di un micrometro anulare, di 13 oculari, 7 positivi e adattabili al micrometro filare (con ingrandimenti compresi fra 87 e 690) e 6 negativi (con ingrandimenti da 67 a 468). Attualmente è conservato solo il micrometro filare.

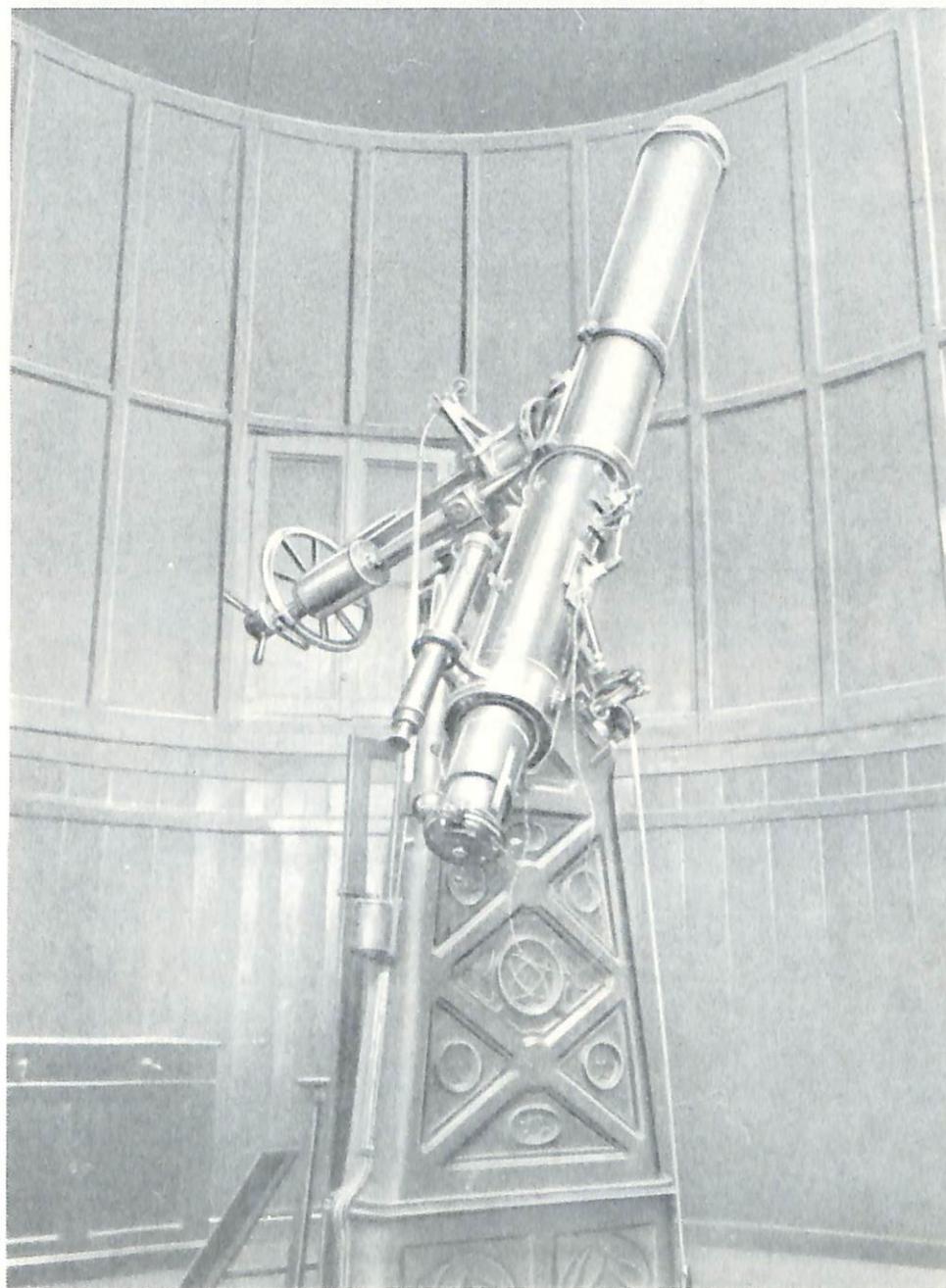
Dimensioni

lunghezza tubo del telescopio: 315

apertura dell'obiettivo: 21,8

Riferimenti

inv.1867(1); inv.1921(1); ms 25; ms 32; ms 33; ms 36; ms 44; ms 47
Chauvenet (1891); Schiaparelli (1888)



Il rifrattore Merz da 22 cm di apertura poco dopo il suo collocamento nella cupola dell'osservatorio: si notino le formelle che decoravano il sostegno.

23. Micrometro filare

Merz, Monaco, 1863-1865, Brera, 1048

È il micrometro del telescopio Merz da 22 cm. Aveva due fili paralleli fra loro, l'uno mobile e l'altro fisso, e un terzo filo, fisso, perpendicolare ai precedenti. Il filo mobile viene spostato da una vite micrometrica: sulla faccia anteriore dello strumento una scala incisa su una lastrina d'argento misura 50 rivoluzioni intere della vite, mentre le frazioni di giro si leggono sul tamburo della testa della vite, diviso in 100 intervalli. Anche il filo fisso parallelo a quello mobile può essere spostato, per mezzo di una vite non graduata, in modo da farlo coincidere con la posizione voluta. L'intera faccia anteriore, su cui si trova l'oculare, scorre per mezzo di una piccola cremagliera lungo una direzione perpendicolare al filo mobile, così da permettere l'esplorazione dell'intero campo inquadrato. Il foro in cui veniva posto l'oculare è chiuso da un coperchietto a vite. L'intero strumento ruota attorno all'asse ottico del telescopio e viene fissato nella posizione voluta con una ganascia di bloccaggio munita di micrometro a vite per la regolazione accurata; due nonii contrapposti scorrono lungo il circolo di posizione, il cui bordo è diviso in intervalli di 15', permettendo la lettura minima di 1'. La parte dello strumento fra il telescopio e i supporti dei fili è di forma conica e la sua superficie interna è completamente ricoperta di settori a specchio; l'intera sezione può essere ruotata leggermente. Lo strumento è custodito in una cassetta di noce.

Con questo micrometro Schiaparelli misurava agevolmente distanze fra stelle doppie superiori a 1"; per distanze inferiori lo stesso spessore dei fili, pari a 0,68", cominciava ad influenzare la misura e doveva ricorrere a sistemi meno precisi e a stime: in questo modo riusciva a determinare distanze di 0,6", esprimendo la convinzione che i valori compresi fra 0,7" e 1" avessero la stessa precisione dei valori misurati direttamente, che venivano forniti con tre cifre decimali.

Dimensioni

diam. circolo di posizione: 13

ingombro massimo: 19 x 14 x 9

dimensioni della cassetta di legno: 23.5 x 23.5 x 13

Riferimenti

Schiaparelli (1888)

24. Telescopio rifrattore

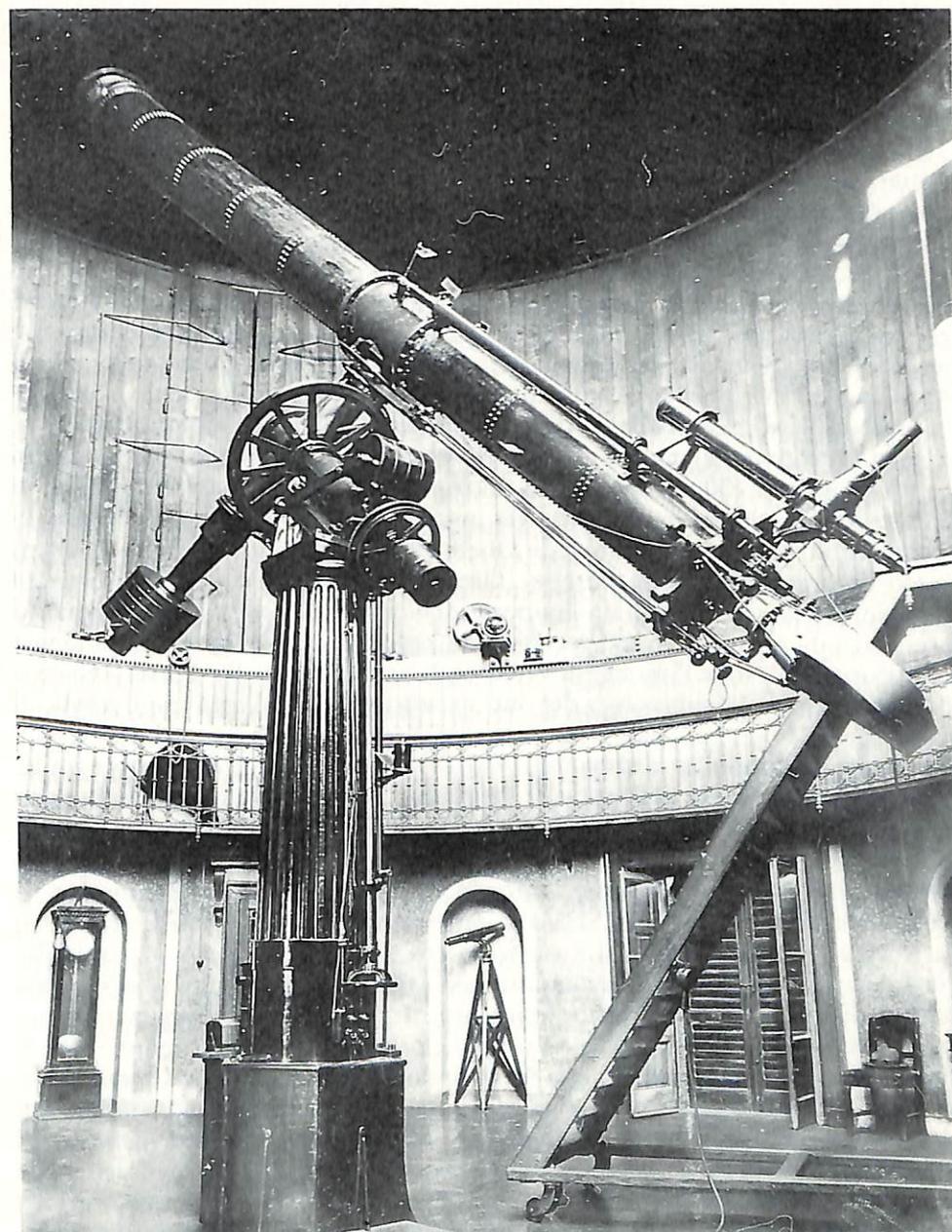
Merz-Repsold, Monaco-Amburgo, 1881-1882, Merate, 1027

L'acquisto del telescopio fu deciso in tempi molto brevi nel 1878, sulla spinta dei successi ottenuti da Schiaparelli nello studio di Marte, osservato con il telescopio Merz da 22 cm. L'occasione era favorevole in quanto Merz aveva costruito due obiettivi da 49 cm di apertura in seguito ad una ordinazione fatta da Winnecke per l'osservatorio di Strasburgo, di cui era direttore: Winnecke ne aveva scelto uno, e l'altro era quindi già a disposizione presso le officine Merz. Ma nella discussione parlamentare Marcora, il rappresentante di Milano, aveva fatto notare che c'erano in Italia costruttori capaci, e proprio a Milano la ditta di Salmoiraghi, la Filotecnica, si era distinta nella costruzione di strumenti ottici ed era in grado di realizzare il nuovo strumento. Alla fine della discussione era stata quindi data l'indicazione di servirsi, quando fosse possibile, di costruttori italiani. Questo non poneva problemi per la costruzione della montatura, perchè nessuna officina italiana era in grado di produrre una struttura così grande con le necessarie caratteristiche di precisione; la scelta si indirizzò subito verso l'officina di Repsold con il quale fu stipulata rapidamente una convenzione definitiva, ratificata dal ministro competente.

Per l'obiettivo si candidò Salmoiraghi, anche se fino a quel momento non aveva mai lavorato obiettivi di dimensioni paragonabili. Schiaparelli stipulò con Salmoiraghi nel luglio 1878 una convenzione dettagliata in cui erano specificate le caratteristiche e la resa dell'obiettivo e i tempi di consegna. L'obiettivo doveva avere una apertura non minore di 49 cm (18 pollici parigini) e una lunghezza focale non maggiore di 7.50 m; doveva fornire immagini rotonde e prive di aberrazione cromatica di stelle di 5^a grandezza, con un diametro dell'immagine inferiore a 0".3 e anelli di diffrazione netti e circolari; inoltre, una volta diaframmato in modo da ridurlo ad una apertura di 22 cm, doveva permettere di vedere le stesse stelle del telescopio Merz già in uso nell'osservatorio. La verifica dell'obiettivo avrebbe dovuto aver luogo il 1 marzo 1879. Per la verifica fu insediata ufficialmente una apposita commissione giudicatrice composta da Schiaparelli, Celoria e Lorenzoni, dell'osservatorio di Padova.

Salmoiraghi iniziò la lavorazione ma l'impresa si rivelò troppo difficoltosa; dopo aver ottenuto vari rinvii, dovette rinunciare all'incarico alla fine del 1879 o all'inizio del 1880, e Schiaparelli non nascose il suo disappunto per la perdita di tempo causata da questo tentativo affrontato da Salmoiraghi con scarsa consapevolezza delle proprie effettive capacità. L'obiettivo iniziato, ridotto a dimensioni minori, fu completato per l'osservatorio di Torino.

A questo punto l'osservatorio si rivolse a Merz. L'obiettivo già pronto presso la sua officina mostrava una colorazione verdastra, e per questo motivo sarebbe stato venduto con un sostanzioso sconto, ma Schiaparelli preferiva che venisse lavorato un nuovo obiettivo. Stipulò quindi con Merz nel febbraio 1880 una convenzione in cui acquistava formalmente l'obiettivo già esistente al prezzo di 20000 marchi; nello stesso tempo si riservava di cambiarlo con un



Telescopio rifrattore, Merz-Repsold, Monaco-Amburgo, 1881-1882, nella cupola dell'osservatorio: attualmente lo strumento è smontato.

nuovo obiettivo delle stesse dimensioni che Merz avrebbe iniziato a lavorare, impegnandosi a terminarlo entro un anno dalla data del primo pagamento (per questo nuovo obiettivo il prezzo era di 10000 marchi superiore): l'obiettivo sarebbe stato scelto fra i due dopo un esame dettagliato delle loro caratteristiche. Questa convenzione fu ufficialmente approvata dal ministro il 3 marzo 1880. La prima rata del pagamento è del giugno 1880 e meno di un anno dopo, alla fine dell'aprile 1881, il nuovo obiettivo era terminato; il mese successivo Schiaparelli e Lorenzoni si recarono a Monaco per eseguire le prove necessarie a scegliere quale acquistare. Le verifiche si svolsero nei giorni 25, 26 e 27 maggio e consistettero in varie prove. L'esame preliminare riguardò l'aspetto dei due obiettivi. Anche quello nuovo appariva colorato, leggermente giallo, ed entrambi mostravano piccole bolle, giudicate di nessun disturbo nella visione; l'obiettivo nuovo era più pesante del vecchio, dato che la lente in flint era più spessa di un centimetro circa: secondo Schiaparelli, questo garantiva maggiore rigidità. Per provare la definizione delle immagini fu posto a circa 180 m di distanza un foglio su cui erano stampate 4 file di lettere di grandezza decrescente da una fila all'altra, e senza legami di significato fra loro, un po' come le tabelle usate dagli oculisti. Sulla tavola di legno che reggeva il foglio erano state poste anche due sfere di vetro, la maggiore delle quali aveva un diametro di 4 cm circa, con la superficie molto liscia così da costituire uno specchio convesso che rimandasse un'immagine puntiforme del Sole: l'immagine era quindi analoga a quella di una stella e si poteva studiare la simmetria del suo aspetto e la regolarità degli anelli di diffrazione.

Fu anche osservato un cartoncino, posto alla stessa distanza del precedente, su cui erano tracciate delle striscie bianche e nere, per vedere la risoluzione degli obiettivi, secondo il metodo proposto da Foucault. Ogni striscia aveva uno spessore di 0.728 mm e il foglio era montato verticalmente su un circolo orizzontale che poteva ruotare attorno al suo centro così da angolare il cartoncino rispetto alla linea di vista, presentando proiezioni delle striscie di larghezza sempre minore. Sullo stesso cartoncino era disegnata una circonferenza che, ruotando il cartoncino attorno alla verticale, appariva come una ellisse di eccentricità sempre maggiore. L'osservatore rilevava con un micrometro la lunghezza dei due assi: il rapporto fra l'asse minore e l'asse maggiore misurati nella posizione del cartoncino in cui i tratti neri apparivano confusi e/o indistinguibili nell'osservazione compiuta con l'uno e l'altro dei due obiettivi forniva una indicazione quantitativa che permetteva di confrontare la risoluzione degli obiettivi. Le prove non si svolsero nelle condizioni ideali: il cielo era spesso coperto e l'illuminazione variava notevolmente fra una osservazione e l'altra. Alla fine Schiaparelli e Lorenzoni conclusero che l'obiettivo nuovo era migliore del vecchio, e lo scelsero per l'osservatorio. Avevano potuto svolgere solo misure di confronto fra i due obiettivi e nella loro relazione riassuntiva non danno che un valore indicativo

all'unica misura assoluta riportata; con il nuovo obiettivo le striscie cominciavano ad apparire indistinguibili quando il cartoncino formava un angolo di 12°30' rispetto alla linea di vista: considerate le dimensioni riportate, questa misura dovrebbe assegnare all'obiettivo una risoluzione di circa 0".18.

Repsold terminò la montatura nel luglio 1881 e Schiaparelli e Lorenzoni si recarono ad Amburgo per verificarla, probabilmente in settembre o in ottobre. La colonna di sostegno dello strumento era nel frattempo già stata collocata al suo posto, in quanto i lavori per la costruzione della nuova torre erano proceduti abbastanza rapidamente. Tra il 1881 e l'inizio del 1882 arrivarono a Brera tutte le parti del telescopio, ma a quel punto si verificò una improvvisa battuta d'arresto a causa dei primi ritardi nella costruzione della cupola mobile. L'appalto per i lavori era stato affidato alla ditta di Edoardo Süffert, un costruttore milanese che non aveva esperienza di questo genere di lavori. Il primo progetto subì strada facendo numerose modifiche e aggiustamenti e solo alla fine dell'agosto 1885 la cupola fu finalmente montata. Già dall'inizio si rivelò poco soddisfacente: per esempio non chiudeva bene, e durante un temporale entrò acqua e le porte esterne furono violentemente spalancate dal vento (oltretutto la copertura, per esigenze di risparmio, era stata realizzata in lamiera zincata e non in rame). Inoltre i meccanismi di apertura dovettero essere aggiustati perchè in pratica quasi inerservibili; era anche molto pesante e Schiaparelli dovette chiedere al governo l'assunzione di un uomo robusto che ruotasse la cupola durante le osservazioni. Dopo la collocazione del telescopio passarono altri mesi per la costruzione del pavimento, la verniciatura della colonna di sostegno, ecc. e solo nel febbraio 1886 si collocarono le ottiche e gli accessori. Le osservazioni regolari iniziarono il 1° maggio 1886.

Nel richiedere il telescopio Schiaparelli aveva insistito sulle osservazioni di Marte come particolare campo di uso del nuovo strumento, sfruttando l'interesse che i canali avevano generato anche fra influenti non addetti ai lavori, il re e la regina per esempio. In realtà Schiaparelli non si proponeva solo quel tipo di osservazioni, ma intendeva continuare tutto il lavoro già iniziato. Quindi, oltre alle osservazioni di Marte e di altri pianeti, proseguì il lavoro sulle stelle doppie, eseguendo numerose osservazioni di 636 sistemi binari nel periodo tra il 1886 e il 1900, anno del suo ritiro. Inizialmente aveva anche pensato di eseguire misure spettroscopiche per determinare il moto proprio radiale delle stelle, ma questo nuovo campo di attività non venne poi affrontato.

Nel 1936 lo strumento fu trasferito a Merate e negli anni '60 cessò di essere usato, fu tolto dalla sua cupola e smontato. Attualmente rimangono le seguenti parti: tubo completo con pararuigiada, colonna di sostegno e suo treppiede, montatura equatoriale, roteggio del regolatore del moto.

Il tubo del telescopio, lungo 7 m, era di acciaio laminato. L'obiettivo aveva una apertura di 49 cm circa, 18 pollici francesi, e una lunghezza focale di 6.98

m, con un rapporto focale di 14.33. Anche in questo doppietto il costruttore aveva avuto cura di ottenere l'acromatismo nella zona giallo-rossa dello spettro, e Schiaparelli usò, come con il telescopio Merz da 22 cm, un filtro giallo carico per eliminare la parte azzurra dell'immagine nell'osservazione dei pianeti. Ci si accorse che il primo anello chiaro di diffrazione non era completamente simmetrico ma, a parte questo, le immagini erano ben definite. La risoluzione teorica, secondo il criterio di Rayleigh, è di 0.29", per una lunghezza d'onda di 560 nanometri. Il telescopio aveva un cercatore di 10 cm circa di apertura.

Dei contrappesi servivano ad evitare le flessioni e ad essi era stata dedicata particolare cura dato che l'obiettivo si trovava a 4 m dall'asse di declinazione mentre la parte con l'oculare era a soli 3 m dallo stesso asse: questa disposizione serviva ad evitare troppi spostamenti all'astronomo nell'osservazione di oggetti celesti ad altezze diverse. Al telescopio era applicato un micrometro filare di grande precisione (vedi scheda del catalogo).

Negli anni '50, dopo un'operazione di pulizia, l'obiettivo originale cadde a terra, rompendosi; fu sostituito da un obiettivo costruito presso l'Istituto Nazionale di Ottica di Firenze. Vi sono ancora sei oculari originali, conservati nella loro cassetta di protezione.

Il telescopio era sorretto da una colonna in ferro alta 4 m, appoggiata tramite tre piedi a un disco di granito di 2.5 m di diametro. La colonna, che ancora si conserva, ha un diametro alla base di 60 cm e, naturalmente, era isolata dal pavimento della cupola. Alla sommità della colonna si trovava un poliedro in ferro con il lato superiore inclinato; lungo questo lato era applicato il cilindro cavo entro cui si trovava l'asse orario. Il poliedro poteva essere leggermente ruotato attorno alla verticale per disporre con il corretto azimut l'asse orario; i tre piedi della colonna terminavano con viti calanti e permettevano di regolare l'inclinazione dell'asse orario sull'orizzonte in modo da puntarlo esattamente verso il polo nord celeste. Due contrappesi agivano su quest'asse così da diminuire il carico sulle estremità del cilindro di sostegno.

All'estremità superiore dell'asse orario si trovava la guaina in cui passava l'asse di declinazione, perpendicolare al primo. Da una parte di questo asse era attaccato il telescopio mentre dall'altra si trovava un contrappeso.

Lo strumento aveva due cerchi di ascensione retta attaccati da una parte e dall'altra dell'asse orario. Uno di essi, collocato nella parte superiore, serviva soprattutto per trasmettere all'asse il movimento di inseguimento del cielo e poteva essere staccato o attaccato all'asse per mezzo di una vite a pressione manovrata dall'osservatore presso l'oculare; aveva un diametro di 1 m ed era diviso in gradi e minuti. Il secondo cerchio, di 50 cm di diametro, era perennemente collegato all'asse orario e serviva più propriamente alla lettura delle ascensioni rette. Era diviso in ore e minuti, e l'astronomo leggeva le indicazioni per mezzo di un lungo microscopio attaccato alla colonna di sostegno nel senso della sua lunghezza; l'osservatore poteva, rimanendo

all'oculare, agire su una vite tangente al bordo del cerchio per far compiere al telescopio piccoli movimenti in ascensione retta. Sull'asse di declinazione, vicino al telescopio, si trovava il cerchio di declinazione, di 50 cm di diametro; le divisioni erano lette su parti opposte del cerchio per mezzo di due lunghi microscopi micrometrici, posti lungo il tubo del telescopio, che avevano l'oculare vicino all'oculare del telescopio: si ottenevano letture con un errore non superiore ai 3"- 4". Per mezzo di due manopole si poteva, rimanendo all'oculare, bloccare e sbloccare l'altezza dello strumento ed impartire piccoli spostamenti in declinazione.

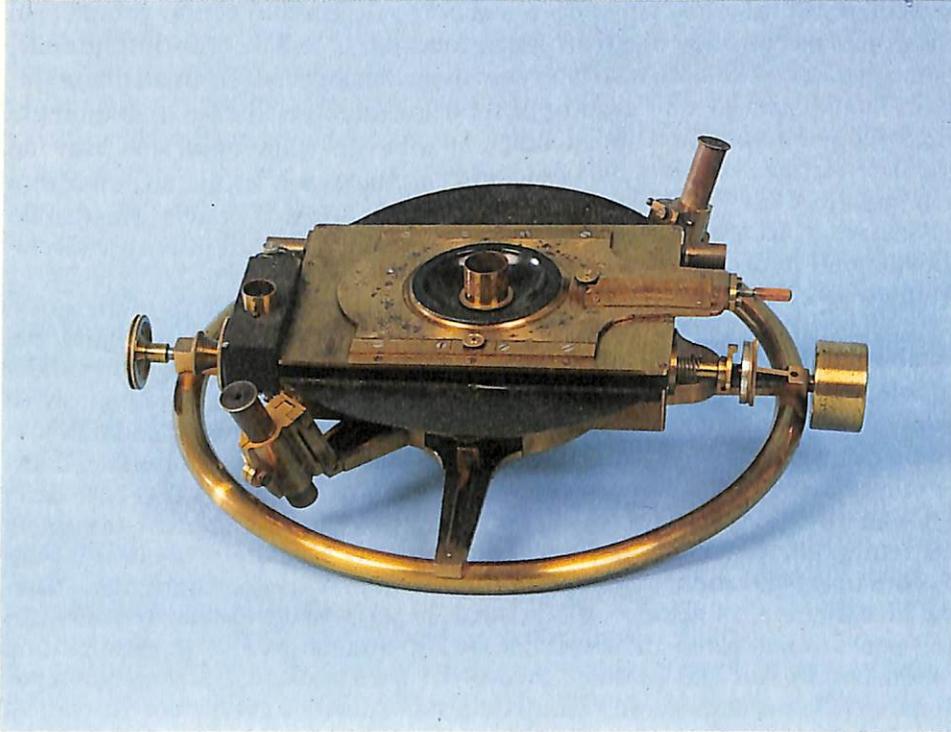
Il moto orario era prodotto da un apparato a caduta di pesi, quasi completamente contenuto nella colonna di sostegno; il peso, collegato con una corda al roteggio, scendeva lungo un apposito pozzo posto fuori dalla cupola, al di sotto del pavimento d'appoggio della colonna. Il regolatore di velocità della rotazione attorno all'asse orario sfruttava le oscillazioni di una asta d'acciaio recante ad una estremità una piccola massa ed infissa all'altra estremità in un grosso cilindro di ferro; questo si trovava presso la base della colonna di sostegno, isolato da essa, ed una apposita guida collegava l'estremità libera dell'asta al roteggio del motore. Quando si lasciava il peso motore libero di cadere la guida imprimeva un movimento circolare all'asta, che inizialmente era nella posizione verticale di riposo: le oscillazioni circolari dell'asta aumentavano di ampiezza fino a quando veniva raggiunta una condizione di stabilità in cui il lavoro del peso motore era impiegato per mantenere le oscillazioni dell'asta. A questa situazione stabile corrispondeva il periodo voluto, che poteva essere variato sia cambiando la posizione della massa all'estremità libera dell'asta sia cambiando la massa del peso motore. Secondo Schiaparelli il sistema era molto efficace, anche se aveva il difetto di essere troppo rumoroso, tanto da impedire di sentire il battito dell'orologio; per questo si era attaccato alla colonna un indicatore di tempo collegato elettricamente all'orologio che ripetesse con maggiore evidenza le indicazioni di questo.

Qualche tempo dopo il trasferimento dello strumento nella sede di Merate fu cambiato il tubo, sostituito con uno a sezione quadrata, e modificata la montatura in modo da ottenere una disposizione Coudé.

Riferimenti
inv.1921(255); ms 44; ms 45; ms 46
Schiaparelli (1909)

25. Micrometro filare

Merz, Monaco, 1881-1882, Merate, 1041



È il micrometro fornito da Merz insieme al telescopio da 50 cm di apertura. Ha un filo mobile; il reticolo, il filo mobile e i rispettivi supporti sono contenuti in una scatola in ottone. Il filo mobile viene spostato da una vite micrometrica, che è spinta da una molla contro la superficie della madre vite per evitare gli errori provocati da giochi fra le parti. La testa della vite si trova a lato della scatola. Sulla faccia anteriore della scatola si trova il portaoculare, montato su una slitta che può spostarsi lungo la dimensione maggiore. Posteriormente si trovava il cerchio di posizione, cioè il disco diviso, fissato al telescopio, che serviva a misurare la direzione della retta congiungente i due punti osservati; per eseguire la misura bisognava ruotare tutto lo strumento attorno all'asse ottico del telescopio in modo da posizionare il filo di riferimento su entrambe le stelle. Il cerchio di posizione era diviso in intervalli di 10' e l'angolo veniva letto per mezzo di due microscopi opposti. Per facilitare la rotazione dello strumento vi è un manubrio anulare; una vite di pressione serve a bloccare il micrometro all'angolo di posizione voluto e una vite micrometrica permette l'aggiustamento fine. Il reticolo era illuminato da una luce che incideva obliquamente sui fili, e questo poteva produrre degli inconvenienti nella visione dei fili e nella misura.

Dimensioni

placca frontale: 22.5 x 15.5

diam. manubrio anulare: 38.5

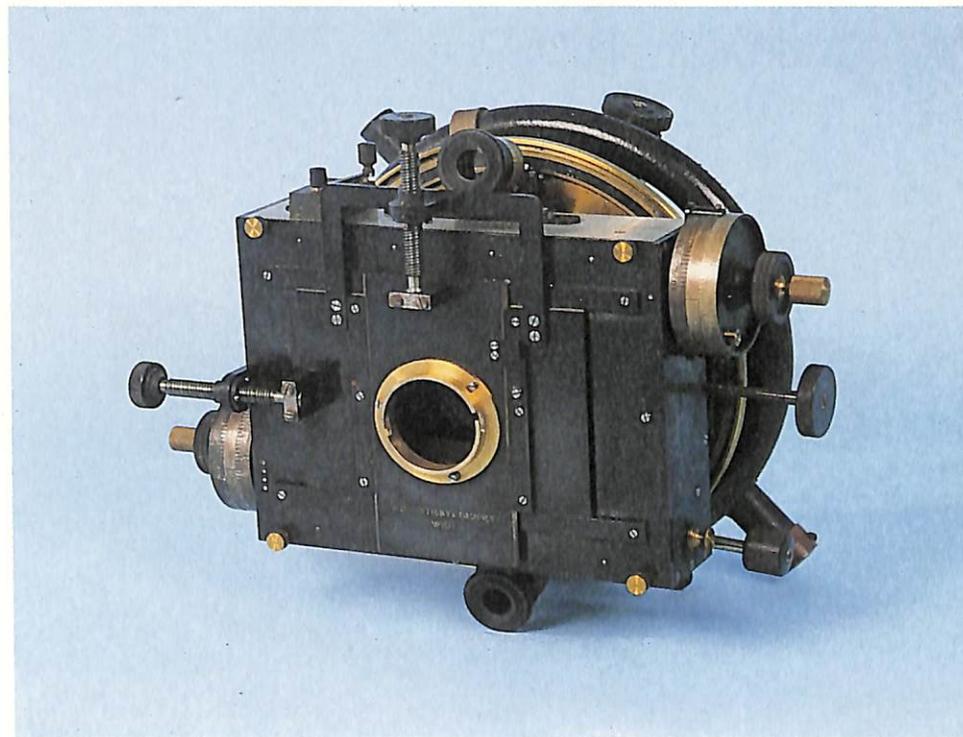
Riferimenti

Schiaparelli (1909)

26. Micrometro filare

Welharticky und Pachner, Vienna, 1909, Merate, 1042

Fu acquistato da Celoria nel 1909 per il telescopio Merz da 50 cm di apertura. Il micrometro ha cinque fili fissi, da disporre verticalmente per la determinazione delle differenze di ascensioni retta mediante i passaggi; perpendicolari a questi vi sono poi un filo mobile, con vite micrometrica e tamburo graduato, e quattro fili paralleli fra loro che si possono spostare tutti insieme mediante una vite micrometrica. I fili e i rispettivi supporti sono contenuti in una scatola metallica. A lato della scatola sporgono i tamburi delle viti micrometriche che spostano le slitte dei fili mobili; ciascuna testa consiste di due cilindri concentrici e divisi in 100 intervalli: un giro completo di uno determina l'avanzamento di una divisione dell'altro. Sulla faccia anteriore della scatola si trova il portaoculare, fissato su una lastrina che può essere spostata, per mezzo di viti, lungo due direzioni perpendicolari fra loro. Posteriormente si trova il cerchio di posizione, che viene fissato al telescopio. Lo strumento può ruotare attorno all'asse ottico del telescopio, ruotando così attorno al centro del cerchio di posizione; questo è diviso in intervalli di 20', con indicazioni numeriche ogni 10°, e la posizione viene letta per mezzo di due microscopi su due nonii opposti fissati alla scatola e ruotanti con essa: ciascun nonio permette di leggere 1'. Per la rotazione si usa una vite che ingrana lungo il bordo filettato del cerchio di posizione. L'intera scatola può essere spostata trasversalmente rispetto all'asse ottico per mezzo di una lunga vite.



Dimensioni

scatola metallica: 23.7 x 18.8 x 5.7

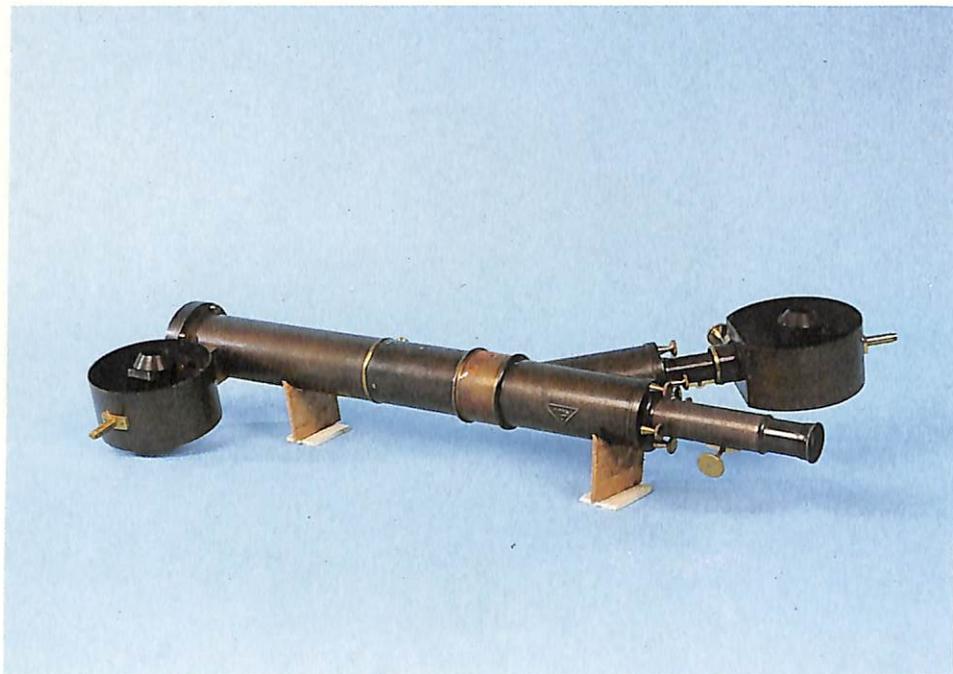
Riferimenti

ms 48, ms 49

Danjon-Couder (1935)

27. Spettroscopio

Poggiali, Firenze, (1865), Merate, 1028



Dimensioni
lunghezza: 52
diam. dell'estremità di attacco al telescopio: 6.5

Riferimenti
inv.1867(7); inv.1921(7); ms 34; ms 35

Giunto a Milano nel maggio del 1866, fu pagato 600 lire. Era stato proposto a Schiaparelli da G.B. Donati, studioso di ottica e progettista di strumenti ottici fiorentino, che l'aveva già usato per qualche osservazione prima dell'invio. Non sembra che sia mai stato impiegato dagli astronomi braidensi in ricerche sistematiche.

È uno spettroscopio a visione diretta. Consiste in un tubo metallico verniciato che contiene 5 prismi: una estremità ha una flangia filettata per avvitarlo al telescopio, l'altra estremità porta l'oculare.

All'estremità opposta all'oculare si trova la fenditura, la cui larghezza è regolata per mezzo di una chiavetta estraibile. Sul tubo, a fianco della fenditura, è possibile appendere una piccola lampada, con sospensione cardanica, in cui veniva bruciato dell'alcool salato per ottenere le righe gialle di riferimento del sodio: la luce della lampada era inviata nello spettroscopio per mezzo di un piccolo prisma. Nella osservazione delle stelle si poneva davanti alla fenditura una lente cilindrica per inviare sulla fenditura una maggiore quantità di luce; questa non veniva usata nelle osservazioni di laboratorio.

Verso la metà dello strumento si innesta un secondo tubo, inclinato verso l'oculare. Alla sua estremità si attacca una piccola lampada ad olio, anch'essa a sospensione cardanica, che illumina una scala graduata posta all'interno dello strumento; davanti alla finestrella della lampada, per regolare l'intensità della luce, si trova una lastrina di vetro scuro che può scorrere verticalmente sotto l'azione di una vite. Le due lampade sono circondate da una fascia metallica che evita all'osservatore di essere disturbato dalla loro luce.

Lo spettroscopio e le lampade sono contenuti in una cassetta di legno chiusa da una serratura. La cassetta contiene anche un collare metallico che può essere fissato a metà circa dello strumento, in una apposita scanalatura; il collare ha un perno che poteva essere infilato in un sostegno nel caso di uso non astronomico dello strumento. Non c'è più la parte che si poneva davanti alla fenditura, comprendente la lente cilindrica e il piccolo prisma per la riflessione della luce della lampada.

All'interno del coperchio della scatola vi è l'etichetta, di carta, del costruttore: "Officina di strumenti ottici e matematici diretta da G. Poggiali con l'assistenza scientifica dei professori G.B. Donati e T. del Beccaro". Il simbolo della casa costruttrice, un triangolo con base orizzontale lungo la quale è scritto Firenze e una stella nel vertice superiore, è riportato nell'etichetta ed è inciso sullo strumento. Sulla scatola è dipinto il numero 7, riferentesi all'inventario 1921.

28. Barometro

Grindel, Milano, 1831, MNST, 1038

La colonna barometrica di vetro è contenuta in una stretta tavola di mogano che termina con un pozzetto cilindrico in noce, all'interno del quale si trova l'estremità inferiore del tubo barometrico; la base superiore del pozzetto è un disco di ottone. Il pozzetto è chiuso inferiormente da una borsa di pelle, contenuta in un cilindro di protezione, di noce, avvitato al pozzetto e della stessa dimensione; attraverso il fondo di questo cilindro, perpendicolarmente ad esso, passa una vite con cui si può alzare o abbassare il fondo della borsa, regolando così il livello della superficie del mercurio nel pozzetto in modo da mantenerla al livello di riferimento. Il livello della superficie del mercurio nel pozzetto è indicato dall'astina di un galleggiante che spunta dalla base superiore del pozzetto; il livello di riferimento si ottiene regolando la vite inferiore finché si fanno coincidere il segno tracciato sull'asta del galleggiante con i segni tracciati sulla guida in cui scorre l'asta stessa. Questo sistema per l'indicazione del livello di riferimento era molto diffuso in Italia, mentre negli altri paesi si preferivano generalmente sistemi differenti.

Il contenitore di legno presenta due aperture longitudinali che permettono di vedere il livello del mercurio nella colonna barometrica. A fianco della apertura frontale si trova la scala, divisa in pollici e linee: si estende da 24 a 31 pollici. Per la lettura del livello ci si serve di un cursore cilindrico che scorre lungo il tubo barometrico, mosso da un'asta dentata azionata da una ruota: si porta un'estremità del cursore in corrispondenza del livello del mercurio nella colonna e si legge con un nonio l'altezza sulla scala. Il nonio ha dieci divisioni. Vi è anche un termometro per poter eseguire le correzioni dell'errore dovuto ai cambiamenti di temperatura; la scala del termometro è in gradi Réaumur e si estende da -20 a 60. All'estremità superiore dello strumento si trova un anello per appenderlo.

Dimensioni
lung.: 107
diam. pozzetto: 7

Riferimenti
Middleton (1964)



Da sinistra a destra i barometri delle schede 28, 29 e 30.

29. Barometro

(...), I metà XIX sec, MNST, 1039

Di struttura simile al precedente.

Lungo la colonna barometrica, contenuta in un tubo di mogano, vi sono due scale. Una è divisa in pollici e linee e si estende da 19 a 29 pollici (le indicazioni numeriche sono ad ogni pollice). L'altra è divisa in millimetri e si estende da 520 a 805 mm, con indicazioni numeriche ogni dieci. Sulla scala in pollici si leggono le scritte "Fair" "Change" "Rain" in corrispondenza rispettivamente dei valori 28 poll 6 lin (771 mm), 27 poll 6 lin (744 mm) e 26 poll 6 lin (717 mm). Il cursore per la lettura dell'altezza della colonna di mercurio ha un nonio per ogni scala, entrambi con dieci divisioni. Il termometro ha due scale: una è in gradi centigradi e si estende da -15 a 50, l'altra è in gradi Réaumur e si estende da -13 a 39.

Dimensioni

lunghezza: 96

diam. pozzetto: 8

Riferimenti

Middleton (1964)

30. Barometro

(...), I metà XIX sec, MNST, 1040

Di struttura simile al precedente.

Le due scale di lettura dell'altezza della colonna di mercurio si estendono da 21 a 30 pollici, con intervalli di una linea, e da 570 a 840 mm; il cursore ha un nonio per ciascuna scala. Le due scale del termometro si estendono da -10 a 100 gradi Réaumur e da -20 a 120 gradi centigradi.

Dimensioni

lunghezza: 100

diam. pozzetto: 8

Riferimenti

Middleton (1964)

31. Barometrografo

Agolini. Parma, 1912, Brera. 1015

Lo strumento è giunto all'Osservatorio nel dicembre 1912 o nel gennaio 1913, inviato in prova dal costruttore, Giuseppe Agolini, che desiderava avere un giudizio degli astronomi sul suo funzionamento. Giovanni Celoria manifestò il proprio apprezzamento per le prestazioni dello strumento, confermando così il giudizio positivo già espresso da altri, p.es. da Pietro Cardani, direttore dell'Osservatorio di Parma e presidente del Consiglio direttivo di Meteorologia e Geodinamica Italiana. Nel 1915 Agolini terminò l'installazione in vari osservatori meteorologici italiani della prima serie di barometrografi; sicuri del suo funzionamento, gli astronomi avrebbero desiderato acquistare lo strumento che già si trovava all'osservatorio, una volta che fosse sistemato e fornito di una custodia a vetri. Lo scoppio della guerra impedì però ad Agolini di soddisfare le esigenze degli astronomi: era in atto infatti un aumento vertiginoso delle commesse, in quanto la fabbrica produceva strumenti (per esempio gli altimetri) per l'Aviazione italiana (produrrà anche altimetri per i paesi alleati); ancora nel 1921 lo strumento non era completato. Il barometrografo rileva la pressione atmosferica e la temperatura, riportando i valori su un foglio grazie a due punte scriventi. Il foglio è montato su un cilindro che ruota con grande regolarità grazie a un meccanismo a orologeria; un giro completo del cilindro avviene in una settimana (inizialmente il tamburo rotante aveva un periodo di un giorno, ma era stato sostituito nel 1913 dallo stesso Agolini).

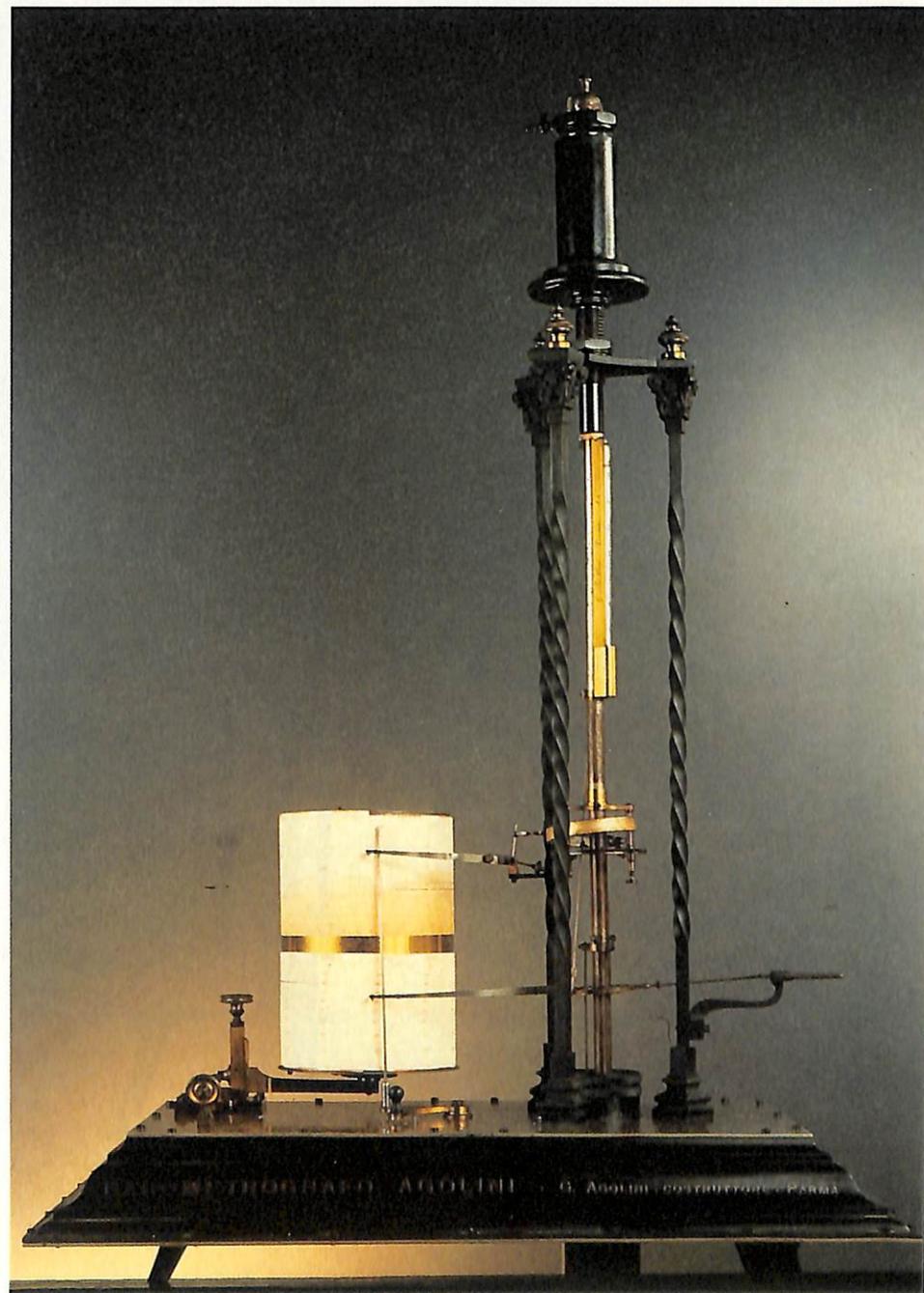
Le temperature sono rilevate attraverso una molla bimetallica collegata alla punta scrivente superiore; la dilatazione del metallo a differenti temperature provoca lo spostamento della punta. Una vite che agisce sulla posizione della molla permette di regolare lo zero delle letture. Forse questo dispositivo è stato aggiunto in seguito, perchè nella figura che accompagna la lettera di presentazione dello strumento non compare; sulla colonna barometrica c'è un termometro a mercurio sul cui sostegno in ottone è incisa la scritta "G. Agolini - Parma N.6".

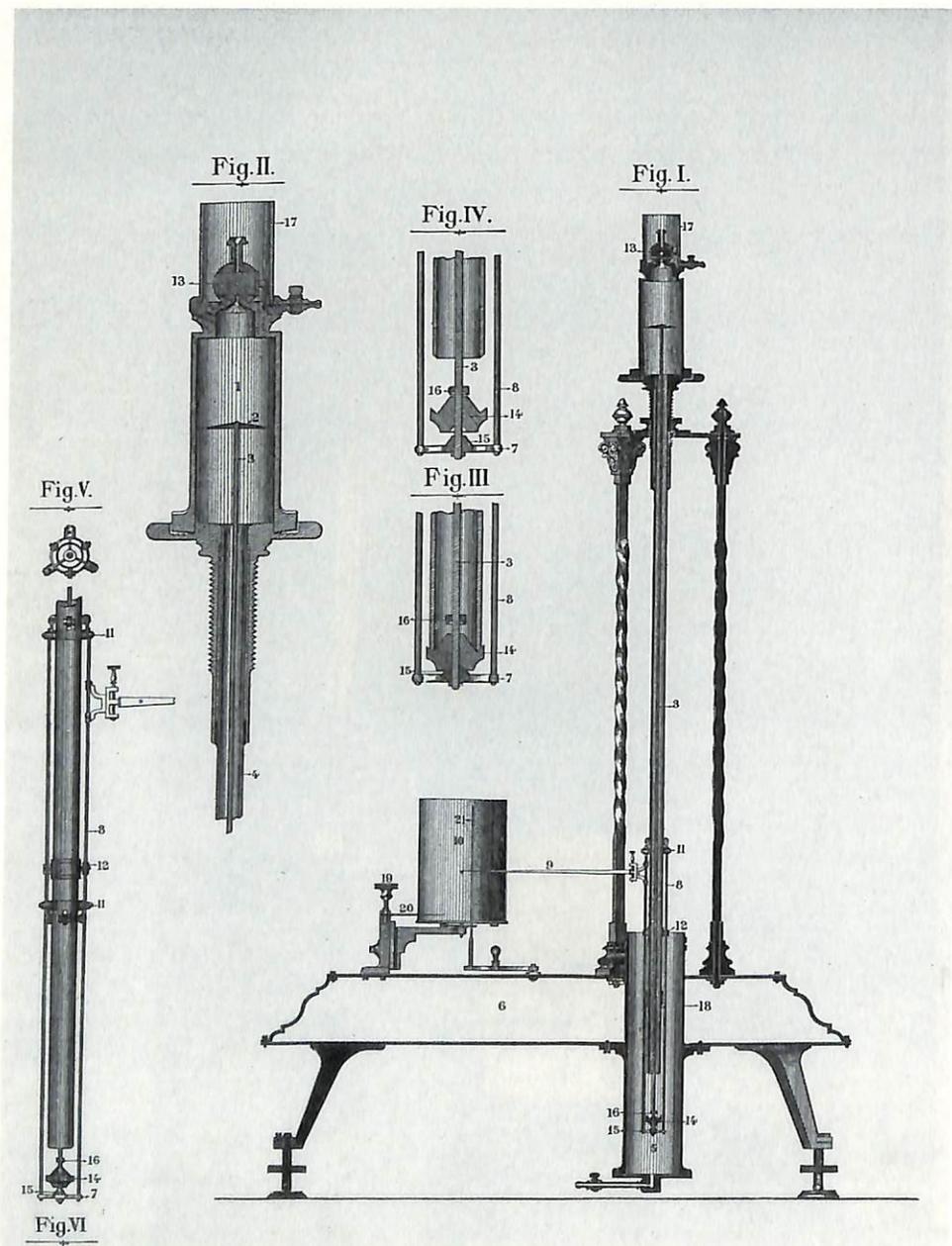
Il resto dell'apparecchio serve alla rilevazione della pressione atmosferica; per la descrizione faremo riferimento alla figura citata precedentemente.

Il barometro è del tipo a mercurio e la struttura è sostanzialmente simile a quella del barometro di Torricelli. Il mercurio in cui è immersa la colonna barometrica è contenuto nel basamento (fig. I, n.6) e nel cilindro (n.5); questo pozzetto è formato da una parte inferiore fissata stabilmente al fondo del basamento e da una parte superiore (n.18) che può essere avvitata sulla parte inferiore così da isolare il pozzetto dalla vasca principale (n.6).

Complessivamente lo strumento conteneva 18 kg di mercurio chimicamente puro. Sul bordo della base, che è di legno lavorato con cura, si legge la scritta "BAROMETROGRAFO AGOLINI - G. Agolini - costruttore - Parma"; sul piano superiore della base, metallico, è inciso il numero 430. La base appoggia su 3 gambe che terminano in piedini con viti calanti.

Il tubo barometrico, posto in verticale nel cilindro n.5, porta all'estremità





Particolari del barometrografo Agolini.

superiore un cilindro (fig.II, n.1) entro cui si trova la superficie libera della colonna di mercurio. Su questa appoggia un galleggiante a disco (n.2) che attraverso una struttura rigida trasmette alla penna scrivente le variazioni dell'altezza della colonna di mercurio.

Al galleggiante, infatti, è fissata un'asta (n.3) che scende entro la colonna verticale di mercurio fino al cilindro inferiore; qui l'estremità dell'asta si unisce ad una crociera (fig.V, n.7) a cui sono attaccate tre sottili montanti verticali esterni al tubo barometrico. La parte superiore di questi montanti esce dal mercurio e ad essi è attaccato il braccio della punta scrivente. Il complesso dei montanti può muoversi solo in verticale perchè nella parte superiore sono fissati fra loro da un collare (n.11) su cui si trovano delle piccole rotelle che appoggiano sul tubo barometrico; nello strumento di Brera, al collare è attaccata anche una lamina elastica che agisce da molla di richiamo.

L'insieme rigido costituito da galleggiante, asta interna, crociera e montanti è studiato in modo da evitare di introdurre resistenze o errori nell'indicazione del livello del mercurio; per evitare variazioni legate alla dilatazione termica le aste sono di acciaio invar.

Dimensioni
 faccia inferiore della base: 59.3 x 39.4
 spessore del basamento: 7
 altezza della colonna sopra il basamento: 79.5
 lunghezza del pozzetto sotto il basamento: 14.5

Riferimenti
 ms 37; ms 50

32. Strumento dei passaggi

Bamberg A.G., Berlin-Friedenau, 1923-1924, Brera, 1016

È l'unico strumento della Bamberg giunto a Brera in conto riparazioni danni di guerra, anche se non è stato l'unico richiesto dal direttore dell'osservatorio, Emilio Bianchi. Il 22 dicembre 1922, infatti, la Commissione delle Riparazioni a Parigi aveva approvato l'ordinazione alla fabbrica tedesca di quattro strumenti:

- cerchio meridiano (costo: 26000 marchi oro)
- astrospectrografo Asp 5 (costo: 21600 marchi oro)
- strumento dei passaggi AP 55 (costo: 4000 marchi oro)
- sedia da osservazione A 1007 (costo: 1530 marchi oro)

Il totale di 53130 marchi oro (da cui sono escluse le spese di trasporto, circa 6350 marchi oro) era più di un quinto del totale delle ordinazioni fatte alla Bamberg da tutta Italia: a questa casa costruttrice si erano rivolti, oltre a quello di Brera, gli osservatori del Collegio Romano, di Arcetri (Firenze), di Padova e i gabinetti di geodesia delle università di Pisa, Torino, Padova, Genova.

La sospensione delle forniture in conto riparazioni danni di guerra aveva però bloccato l'invio di quasi tutti gli strumenti (vedi par. 3.8).

Alla fine giunse nel 1924 a Merate il solo strumento dei passaggi, che venne posto in un apposito padiglione; nel 1957 fu trasferito a Brera e impiegato per i lavori dell'Anno Geofisico Internazionale.

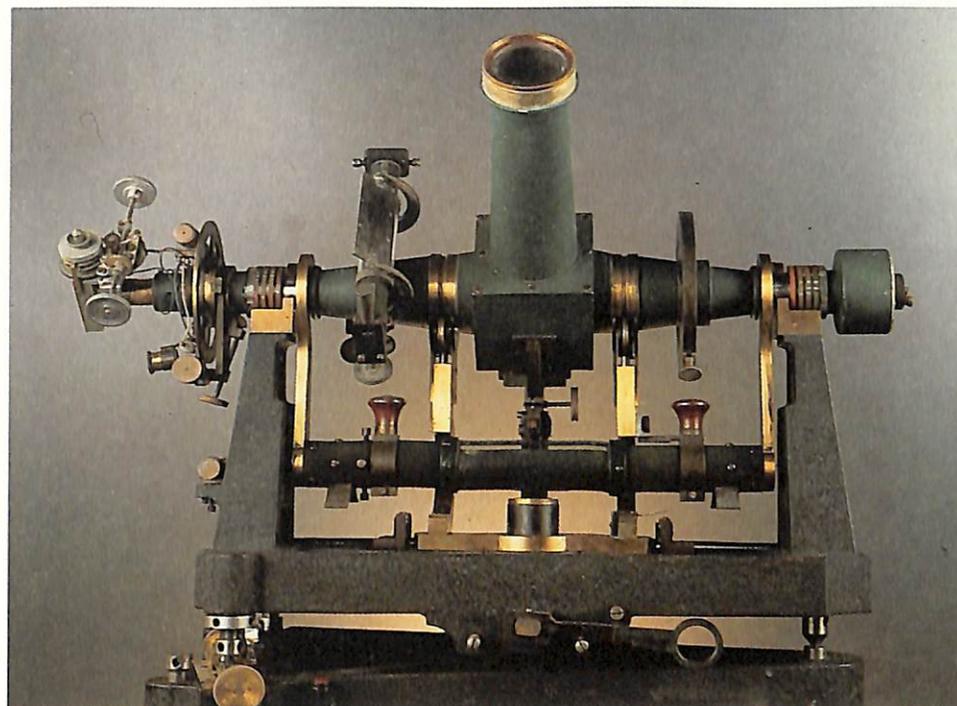
Con la Bamberg il direttore di Brera trattò anche l'acquisto di un telescopio riflettore di 1 m di apertura. Il prezzo piuttosto elevato e le difficoltà degli ordini precedenti bloccarono l'accordo. L'osservatorio riuscì comunque ad acquistare un riflettore di quelle dimensioni dalla Zeiss, che lo consegnò nel 1926, sempre in conto riparazioni di guerra.

Lo strumento è formato da un telescopio che può ruotare attorno ad un asse orizzontale (vedi Appendice); quest'ultimo non taglia a metà il telescopio, e l'oculare non si trova allineato con l'obiettivo: la luce che attraversa l'obiettivo viene riflessa, all'intersezione fra il telescopio e l'asse, lungo una metà dell'asse, alla cui estremità si trova l'oculare.

Questo tipo di montatura (detta a cannocchiale spezzato) è comodo perché l'occhio dell'osservatore rimane sempre allo stesso livello, indipendentemente dall'altezza della stella osservata; inoltre rende più compatto lo strumento perché permette di accorciare i sostegni dell'asse pur consentendo il movimento del telescopio lungo tutto il meridiano celeste. Questa disposizione era stata ideata dal barone Zach, che nel 1811 l'aveva proposta a Reichenbach per la realizzazione. Il primo modello fu spedito a Zach nel 1815, quando questi si trovava a Napoli; poco dopo anche Barnaba Oriani acquistò uno strumento analogo.

L'asse, formato da due tronchi di cono, appoggia su due sostegni verticali a forma di A che costituiscono un pezzo unico con una base rettangolare.

Questa appoggia per mezzo di tre perni su una base triangolare. Due dei perni, quelli lungo il lato corto del triangolo di base, terminano su due lastrine



che, regolate con viti, possono scorrere lungo una scanalatura della base: in questo modo l'intera struttura dei sostegni può essere ruotata orizzontalmente attorno al terzo perno, così da orientare correttamente l'asse orizzontale.

La base triangolare ha tre piedini con viti calanti che permettono di disporla nel piano orizzontale. La posizione dello strumento è verificata per mezzo di alcune piccole livelle a bolla: due, disposte ad angolo retto fra loro, sono attaccate alla struttura della base triangolare, una è attaccata ad uno dei sostegni a forma di A. Per la verifica accurata dell'orizzontalità dell'asse c'è una lunga livella a bolla appesa sotto l'asse per mezzo di due sostegni a gancio. Un'altra livella a bolla è fissata all'asse, perpendicolarmente ad esso, per mezzo di un collare metallico; il suo peso è equilibrato da un disco, posto simmetricamente rispetto al centro, che funge da contrappeso.

L'inversione dello strumento avviene molto semplicemente. Spostando una leva si alzano due sostegni verticali che agiscono sull'asse dello strumento sollevandolo dai suoi sostegni fissi: lo si può allora ruotare attorno alla verticale finché ciascuna delle estremità dell'asse non si trova in corrispondenza del sostegno opposto, su cui viene fatta poi posare spostando la leva nella posizione di partenza.

L'oculare è ad una estremità dell'asse orizzontale. Lì si trova anche un piccolo cerchio per il puntamento in altezza del telescopio, diviso in intervalli di 20' (indicazioni numeriche ogni 10°): un nonio permette la lettura minima di 1'. Il braccio mobile del nonio porta, dalla parte opposta, una livella a bolla con uno specchietto. All'oculare è applicato un micrometro impersonale, su cui è inciso "C.MILANI MILANO 1925".

Dimensioni

dim.massime del triangolo di base: 31 x 53

altezza dell'asse rispetto al piano d'appoggio: 37.8

diam.tubo telescopio all'obiettivo: 6.7

Riferimenti

ms 51; ms 52

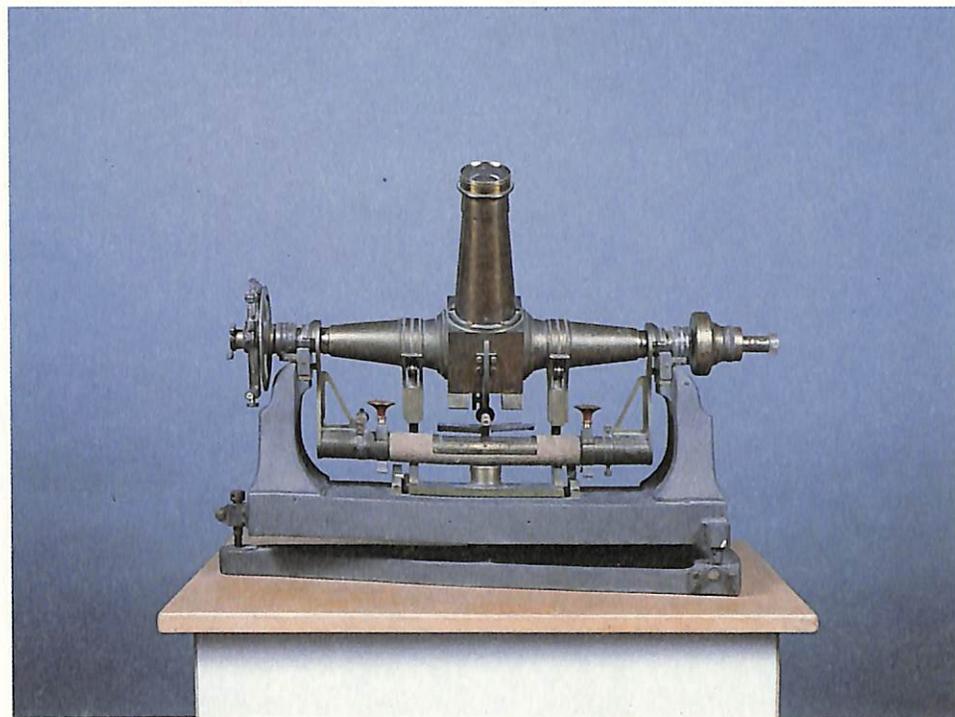
Chauvenet (1891, vol.2); Andoyer-Lambert (1924)

33. Strumento dei passaggi

Filotecnica Salmoiraghi, Milano, 1926, Brera, 1017

Giunto all'osservatorio nel 1927, venne posto a Merate, nel cupolino degli strumenti dei passaggi. L'acquisto di questo strumento può essere stato dettato da ragioni extrascientifiche: quattro anni prima, infatti, vi era stata un'aspra polemica tra il direttore dell'Osservatorio di Brera, Emilio Bianchi, e Salmoiraghi, e si può pensare che l'acquisto fosse stato un segno di riavvicinamento, spontaneo oppure frutto di pressioni da parte degli organi istituzionali, fra l'osservatorio e il costruttore milanese.

La polemica aveva riguardato gli strumenti in conto riparazioni danni di guerra (vedi par. 3.8) ed era esplosa con una lettera aperta di Salmoiraghi (già senatore del regno) pubblicata quasi integralmente e commentata su "Il Popolo d'Italia" (il giornale fondato da Benito Mussolini) del 22 giugno 1923. A questa rispose Bianchi sullo stesso giornale due giorni dopo, e l'ultimo scambio di battute si ebbe il 27 giugno, sempre sulle pagine de "Il Popolo d'Italia". Salmoiraghi accusava in sostanza Bianchi di scarsa considerazione verso la sua ditta, La Filotecnica, affermando anche che il direttore non rispettava delle intese verbali che Salmoiraghi diceva di aver avuto con Schiaparelli e Celoria: se fossero stati necessari nuovi strumenti per l'osservatorio, questi sarebbero stati progettati insieme e realizzati a Milano. Nella sua risposta Bianchi assicurò di non conoscere gli accordi di cui parlava Salmoiraghi, facendo notare che, comunque, durante la gestione dei due grandi astronomi gli strumenti più importanti, i due rifrattori, erano stati acquistati in Germania e non presso la Filotecnica. Inoltre gli strumenti in conto danni di guerra non si dovevano pagare, e si trattava di ottimi strumenti. Alle argomentazioni di Bianchi, Salmoiraghi rispose con slancio patriottico, ma scarsa logica: "...ella scrive che gli strumenti in conto riparazioni 'venivano gratis'. No, professore: tutto ciò che si avrà in conto riparazioni è già stato pagato con denaro, sangue e lacrime!". E Bianchi replicò con un appello rivolto a Salmoiraghi: "lasci risorgere Brera così come io ho disposto; nessuna altra via è oggi possibile; i nuovi strumenti staranno proprio a testimoniare il denaro, il sangue e le lacrime che ci sono costati e sarà testimonianza di vittoria." Salmoiraghi non si limitò comunque ad esprimere amarezza (oltre ad accuse di scarsa correttezza riguardo all'operato di Bianchi, accuse smentite con vigore, e probabilmente del tutto a ragione, dal direttore dell'Osservatorio), ma minacciò un intervento diretto: "... farò opera perchè per quanto fosse ancora possibile senza pregiudizio dell'interesse scientifico dell'Osservatorio sia impedita l'importazione degli strumenti tedeschi di cui si tratta." È da notare che Salmoiraghi intendeva bloccare solo gli strumenti diretti all'Osservatorio di Milano, e non quelli degli altri istituti, che erano, ancor più di quelli di Milano, di un genere prodotto dalla Filotecnica. Per spiegare questo atteggiamento si può pensare sia a precedenti contrasti dovuti ad alcune critiche rivolte da Bianchi a strumenti della Filotecnica, sia all'effetto sfavorevole sull'immagine ed il prestigio della fabbrica, se l'osservatorio milanese non si fosse rivolto alla fabbrica di strumenti milanese per i suoi



Dimensioni

dim. massime triangolo di base: 68.5 x 34.1

altezza all'asse: 32.5

diametro del tubo del telescopio all'obiettivo: 6.3

Riferimenti

ms 53; ms 55

Chauvenet (1891, vol.2); Andoyer-Lambert (1924)

acquisti.

Bianchi non sottovalutava la minaccia di impedire l'arrivo a Merate degli strumenti tedeschi. Nel giugno stesso inviò, infatti, ai direttori degli osservatori di Napoli, Arcetri (Firenze), Padova, Trieste e del gabinetto di geodesia di Torino una lettera in cui richiedeva solidarietà per il suo operato; a stretto giro di posta arrivarono le lettere di risposta in cui tutti gli confermarono il loro appoggio, disposti anche ad esprimerlo nelle sedi ufficiali. Giorgio Abetti, dell'Osservatorio di Arcetri, si dimostrò particolarmente infuriato giungendo a parlare di Salmoiraghi come di "un pescecane il quale non ha ancora abbastanza divorato per ingrassare la sua pancia privata", e quel termine, "pescecane", ci ricorda il dibattito di quegli anni su quanti si erano arricchiti grazie alla guerra.

La solidarietà dei colleghi tornò utile a Bianchi in quanto nell'agosto giunse dal Ministero del Tesoro una richiesta di chiarimenti sull'intera vicenda, in seguito al reclamo ufficiale presentato dalla Confederazione Generale dell'Industria Italiana, di cui Salmoiraghi era un membro influente. Bianchi rispose con un documento che ripercorreva puntigliosamente la storia delle decisioni prese, a cui erano allegate le dichiarazioni a suo favore dei direttori di sette istituti astronomici e geodetici (in questa occasione qualcuno avanzò anche dei dubbi sulla reale capacità della Filotecnica di fornire strumenti con i requisiti di qualità richiesti). Verso l'autunno la polemica si esauriva con il riconoscimento da parte degli organi competenti della correttezza e legittimità dell'operato di Bianchi.

Lo strumento ha la stessa struttura dello strumento dei passaggi di Bamberg, ma è di costruzione più semplice (sull'uso di questo tipo di strumento vedi Appendice). La base triangolare non possiede piedini, ma appoggia direttamente sul piano di base. Ci sono meno livelle per il controllo della posizione: una lunga livella è appesa sotto l'asse orizzontale per mezzo di due ganci e porta all'estremità una seconda livella, molto più piccola, disposta ad angolo retto. Il cerchio per le altezze è diviso ogni 30', con indicazioni numeriche ogni 5°; due nonii, ciascuno dei quali porta 30 divisioni con indicazioni numeriche ogni 5, permettono la lettura minima di 1'. Il braccio dei nonii porta anche una piccola livella a bolla.

Sul cubo all'intersezione dell'asse orizzontale con il telescopio è incisa la scritta: "La FILOTECNICA" Ing. A. Salmoiraghi & C. MILANO 27058.

34. Circolo meridiano

Ertel, Monaco, (II metà XIX sec.), Brera, 1018

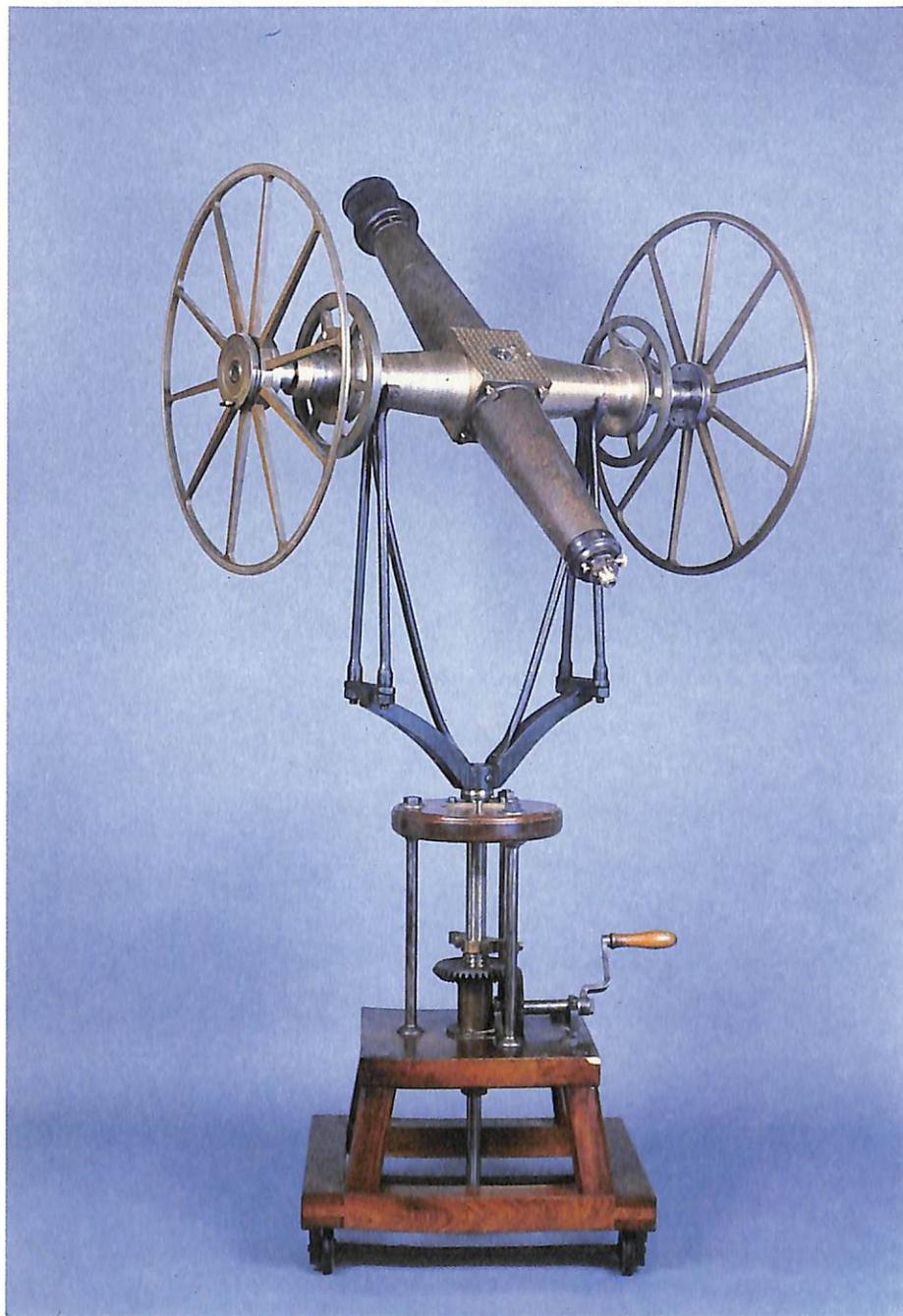
Il direttore dell'osservatorio, Emilio Bianchi, aveva cercato di ottenere un cerchio meridiano dalla Bamberg in conto riparazioni danni di guerra, ma non era riuscito nell'intento a causa della decisione tedesca di sospendere gli stanziamenti. Gli organi competenti avevano allora deciso, probabilmente su interessamento del prof. Luigi Mangiagalli, presidente della Associazione per lo Sviluppo Alta Cultura, di assegnare all'osservatorio un cerchio meridiano che si trovava presso l'Istituto Idrografico della Marina di Genova. Lo strumento giunse all'osservatorio nel giugno del 1924, e fu posto nella nuova sede di Merate in un'apposita costruzione. Il cerchio meridiano è disposto come uno strumento dei passaggi (vedi Appendice), e con esso si può quindi rilevare l'istante del transito al meridiano degli oggetti celesti. È però dotato anche di cerchi graduati che permettono di stabilire la distanza zenitale dell'oggetto celeste. Con un cerchio meridiano si possono quindi ricavare entrambe le coordinate (ascensione retta e declinazione).

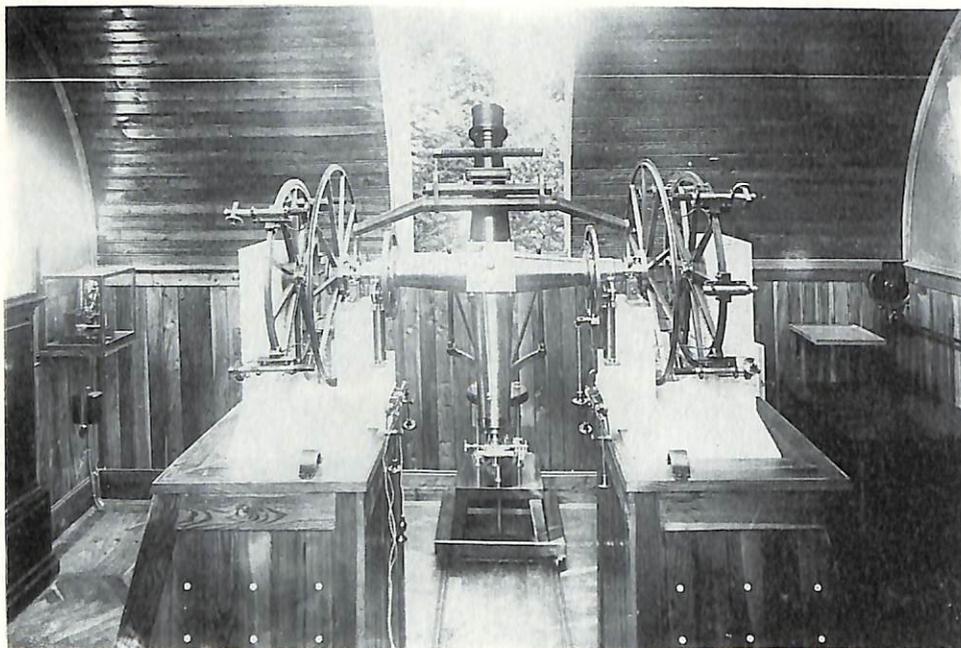
Lo strumento consiste di un telescopio sorretto da un asse perpendicolare alla sua lunghezza; il telescopio e l'asse si intersecano reciprocamente a metà. Sia il telescopio che l'asse sono formati da due tronchi di cono: le quattro parti si uniscono per mezzo di un cubo situato nel punto di intersezione, formando una croce (le due parti dell'asse formano un corpo unico con il cubo, mentre le due parti del telescopio sono fissate con viti). L'asse era disposto nella direzione est-ovest così che il telescopio, ruotando attorno all'asse orizzontale, potesse percorrere tutto il meridiano passante per il sud e il nord (meridiano locale). Attaccati alle due estremità dell'asse si trovano due cerchi uguali di ottone. Entrambi hanno il lembo diviso ogni 3', con indicazioni numeriche per ogni grado; le divisioni sono incise su una lastrina d'argento. Uno dei cerchi è fissato stabilmente all'asse per mezzo di viti; l'altro può invece ruotare attorno all'asse ed essere bloccato nella posizione voluta agendo su una vite.

L'asse appoggia su due sostegni fissati a pilastri di granito. Al posto dei contrappesi, per alleggerire il carico sull'asse vi sono due bracci con un sistema a molle avvitati su due sporgenze dei pilastri. Per mezzo di una macchina per l'inversione scorrevole su due binari (visibile in figura, è quel carrello con due braccia verticali che formano una specie di forchetta) si può sollevare lo strumento dai suoi sostegni e ruotarlo attorno alla verticale in modo da portare ogni estremità dell'asse sull'appoggio opposto. Tramite osservazioni eseguite prima e dopo l'inversione si riconoscono alcuni degli errori dello strumento.

Per la verifica accurata della orizzontalità dell'asse si usava una lunga livella a bolla, appoggiata su di esso per mezzo di un braccio. Sull'asse si trovano altri due piccoli cerchi, equidistanti dal centro: su uno di questi agiva una morsa di bloccaggio del movimento del telescopio.

In corrispondenza di ciascun cerchio diviso dello strumento si trova un cerchio fissato al pilastro di granito. Su ognuno di questi erano disposti a distanze uguali quattro microscopi micrometrici per la lettura delle divisioni





Il circolo meridiano di Ertel nella sua cupola a Merate.

Dimensioni

diametro cerchio diviso: 78

lunghezza del telescopio: 110

diametro obiettivo: 10

Riferimenti

ms 52; ms 54

Challis (1879); Danjon-Couder (1935, pp.420-423)

e un microscopio per il puntamento approssimato del telescopio prima dell'osservazione (attualmente mancano quasi tutti questi microscopi di lettura). Su uno dei due cerchi ci sono gli attacchi per una livella a bolla. L'oculare era dotato di un micrometro impersonale. Nella fotografia si vede il dispositivo telegrafico collegato all'orologio e al micrometro impersonale. Nel centro di ciascuna delle due facce libere del cubo che si trova all'intersezione del telescopio con l'asse orizzontale c'è un foro. I due fori sono chiusi con coperchietti circolari; al centro di uno di questi è fissato il sostegno dello specchietto per l'illuminazione dei fili del micrometro. I due fori erano praticati in previsione dell'uso di due cannocchiali collimatori per determinare l'angolo tra l'asse ottico del telescopio e l'asse geometrico di rotazione, cioè l'errore di collimazione, anche se non sembra che a Merate sia stato seguito questo metodo. All'interno del cubo si trova anche un piccolo dispositivo oscuratore, comandato dall'esterno per mezzo di un'asta terminante con una vite.

35. Cronografo registratore

Mioni, Padova, (anni 1920), Brera, 1031

È un dispositivo di tipo telegrafico per la registrazione su una striscia di carta dei segnali provenienti dal micrometro impersonale di uno strumento dei passaggi, o di un cerchio meridiano, e dall'orologio a pendolo.

L'apparato è composto sostanzialmente da due parti: il dispositivo per l'avanzamento della carta e le punte scriventi con il relativo sistema di comando.

La striscia di carta è avvolta su una bobina portata da un braccio; questo è avvitato sulla parte superiore di una scatola metallica che contiene il roteggio. La striscia passa attraverso una guida ed è trascinata da un cilindro rotante su cui è premuta da un secondo cilindro.

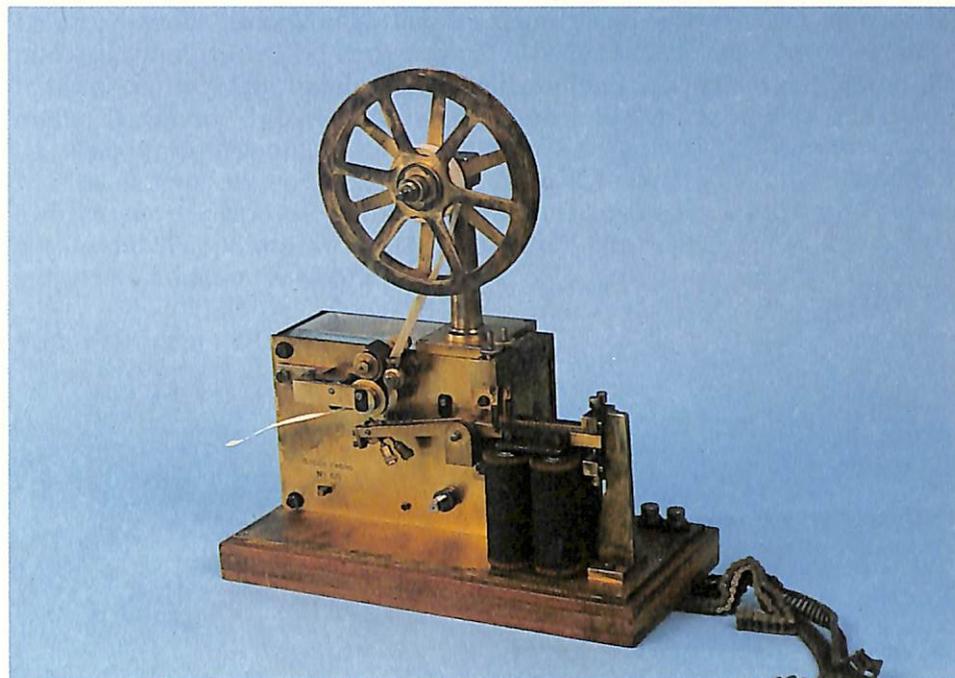
L'energia per il trascinamento deriva dalla discesa di un peso che è collegato tramite una catena al primo ingranaggio del roteggio contenuto nella scatola metallica; una seconda massa appesa alla stessa catena diminuisce l'accelerazione di caduta. Il peso motore viene fatto risalire, al termine della sua corsa, girando una manovella che può essere svitata per toglierla durante il funzionamento dell'apparecchio. La velocità di scorrimento è mantenuta costante da un regolatore, contenuto nella scatola, costituito da una lastrina sagomata a farfalla; questa è attaccata ad un asse collegato al roteggio: la rotazione dell'asse fa sì che la farfalla si disponga perpendicolarmente all'asse stesso e la resistenza dell'aria sulle sue parti più larghe mantiene costante la sua velocità, quindi la velocità di rotazione dell'asse e dell'intero roteggio. Una levetta esterna permette di bloccare l'asse del regolatore, quindi di fermare l'apparato.

Il cronografo ha due punte, una per i segnali del micrometro impersonale e una per quelli dell'orologio. Ciascuna delle punte si trova alla estremità di un braccio, imperniato verso la sua metà; il braccio, all'altra estremità, passa sopra ad una coppia di elettromagneti ed ha una placchetta di ferro: ogni punta fora la striscetta di carta quando il braccio che la porta viene attratto dagli elettromagneti, il cui circuito è chiuso dall'arrivo del segnale. Le punte possono forare la carta perchè il cilindro di trascinamento ha una scanalatura in corrispondenza delle punte, quindi in quella posizione la carta non è a contatto con il cilindro. Su ciascun braccio agisce una molla di richiamo che lo mantiene staccato dall'elettromagnete, quando questo non è attivo. Sullo strumento è inciso "S.Mioni-Padova N.64".

Dimensioni

ingombro: 29.5 x 14.5 x 28 (altezza all'asse della bobina)

Riferimenti
ms 53



36. Cronografo registratore

Mioni, Padova, (anni 1920), Brera, 1032

Identico al precedente; sullo strumento è inciso "S.Mioni-Padova N. 63".

Fare riferimento alla figura della scheda 35.

Riferimenti
ms 53

37. Cronografo registratore

Mioni, Padova, (anni 1920), Merate, 1034

Identico al precedente, il lato superiore è in vetro. Sullo strumento è inciso "S.Mioni-Padova N. 68".

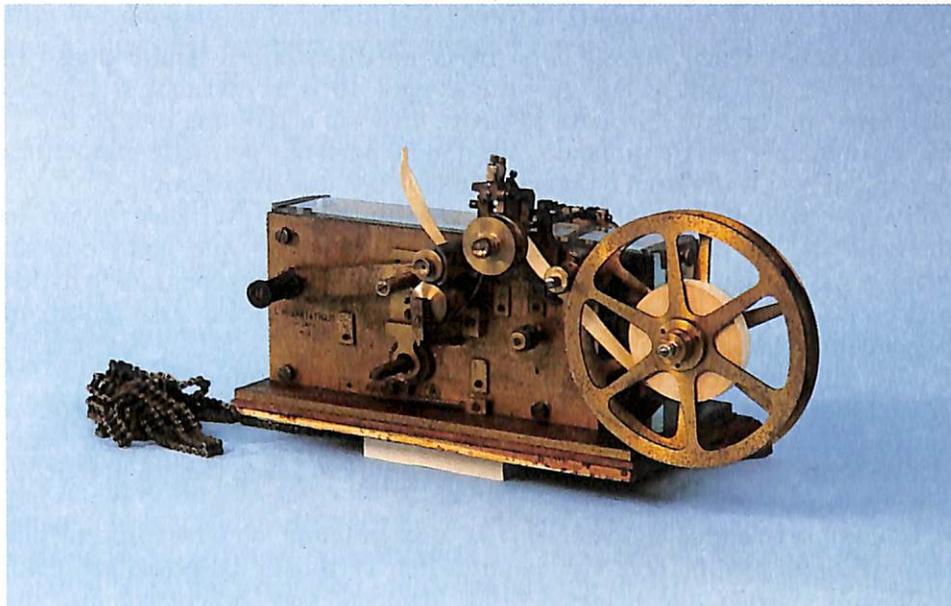
Fare riferimento alla figura della scheda 35.

Riferimenti
ms 53

38. Cronografo registratore

Milani, Milano, 1912, Merate, 1035

Di struttura simile ai precedenti, questo cronografo ha gli elettromagneti posti dietro la cassa con il roteggio, quindi le punte scriventi sono portate da braccia che scavalcano la parte superiore della cassa. Le tre pareti minori di questa sono di vetro e si possono togliere facendole scorrere entro le scanalature praticate nelle due pareti maggiori. La bobina con la carta si trova a lato dell'apparecchio, e non sopra.



Dimensioni
ingombro: 30.3 (lunghezza all'asse della bobina) x 13 x 12

39. Cronografo registratore

Mioni, Padova, 1923-24, Brera, 1033

Di struttura simile agli altri di Mioni, questo cronografo ha però quattro punte portate da tre braccia, azionate da tre coppie di elettromagneti; il braccio centrale, probabilmente quello dei segnali dell'orologio, ha due punte. Il cilindro di trascinamento ha due scanalature: su ciascuna di esse agiscono la punta di un braccio laterale e una delle punte del braccio centrale. Manca il braccio che regge la bobina. Ci sono due altre coppie di elettromagneti disposti orizzontalmente che azionano la levetta per l'avvio o il blocco dell'apparato. In questo apparato il lato superiore è di vetro. Sullo strumento è inciso "S.Mioni-Padova N° 63".

Fare riferimento alla figura della scheda 35.

Dimensioni
ingombro: 21.8 x 31 x 17

Riferimenti
ms 53 (22-25 settembre 1923; 15 marzo, 11-24-29 aprile 1924)

40. Teodolite

Filotecnica Salmoiraghi, Milano, I metà XX sec., Brera, 1019



Il teodolite è a cannocchiale spezzato (vedi Strumenti dei passaggi). L'asse orizzontale di rotazione del cannocchiale, perpendicolare al suo asse ottico, appoggia su due sostegni a forma di A, fissati su un disco orizzontale: su questo è incisa la scritta "LA FILOTECNICA Ing.A.Salmoiraghi MILANO 59090". L'asse può essere sollevato dai suoi appoggi in modo da scambiare di posto le sue estremità, cioè in modo da invertire lo strumento. Uno degli appoggi può essere spostato con precisione in verticale per mezzo di una vite.

All'interno del disco orizzontale si trova un disco con il lembo diviso in intervalli di 30' (indicazioni numeriche ogni 10°): le divisioni si leggono attraverso due aperture protette da vetro, disposte a 180° una dall'altra.

In ciascuna apertura c'è un nonio diviso in 50 parti che permette una lettura minima di 36"; le divisioni e i nonii sono letti con due microscopi.

Sull'asse orizzontale, verso l'oculare, vi è un cerchio verticale diviso in intervalli di 30', con indicazioni numeriche ogni 10°; due nonii opposti permettono una lettura minima di 36". Le letture avvengono per mezzo di due microscopi. Gli spostamenti in orizzontale e in verticale sono dotati di movimento micrometrico.

Il peso dell'obiettivo del cannocchiale è compensato da un contrappeso.

L'oculare si trova ad una estremità dell'asse di rotazione, e sporge abbastanza dal sostegno dell'asse. È fissato ad una piastrina che scorre perpendicolarmente all'asse ottico, così che tutta l'immagine sia osservabile con facilità. Il reticolo è inciso su una lastrina di vetro.

Il cerchio orizzontale è sostenuto da una colonna con tre braccia che terminano in piedini con viti calanti. Per verificare la posizione dello strumento ci sono due livelle a bolla, disposte perpendicolarmente una all'altra. Per la verifica accurata della posizione dell'asse si usa una livella a bolla con una montatura che appoggia sulle estremità dell'asse orizzontale. Attaccato alla colonna per mezzo di un braccio, un cilindro contiene un ago magnetico: si osserva la sua posizione attraverso un piccolo oculare.

Lo strumento è contenuto in una cassetta di legno, in cui si trovano anche, in appositi alloggiamenti, due cacciavite, l'attacco e la lampadina per l'illuminazione del reticolo in una osservazione notturna, un reticolo di scorta, la livella a bolla. Anche sulla scatola è inciso il numero 59090.

Il teodolite è corredato di un treppiede in legno.

Dimensioni

diametro cerchio orizzontale: 17

altezza: 29.5

diametro obiettivo: 4

dimensioni della scatola di legno: 23.8 x 30.5 x 36.8

altezza treppiede: 140.5

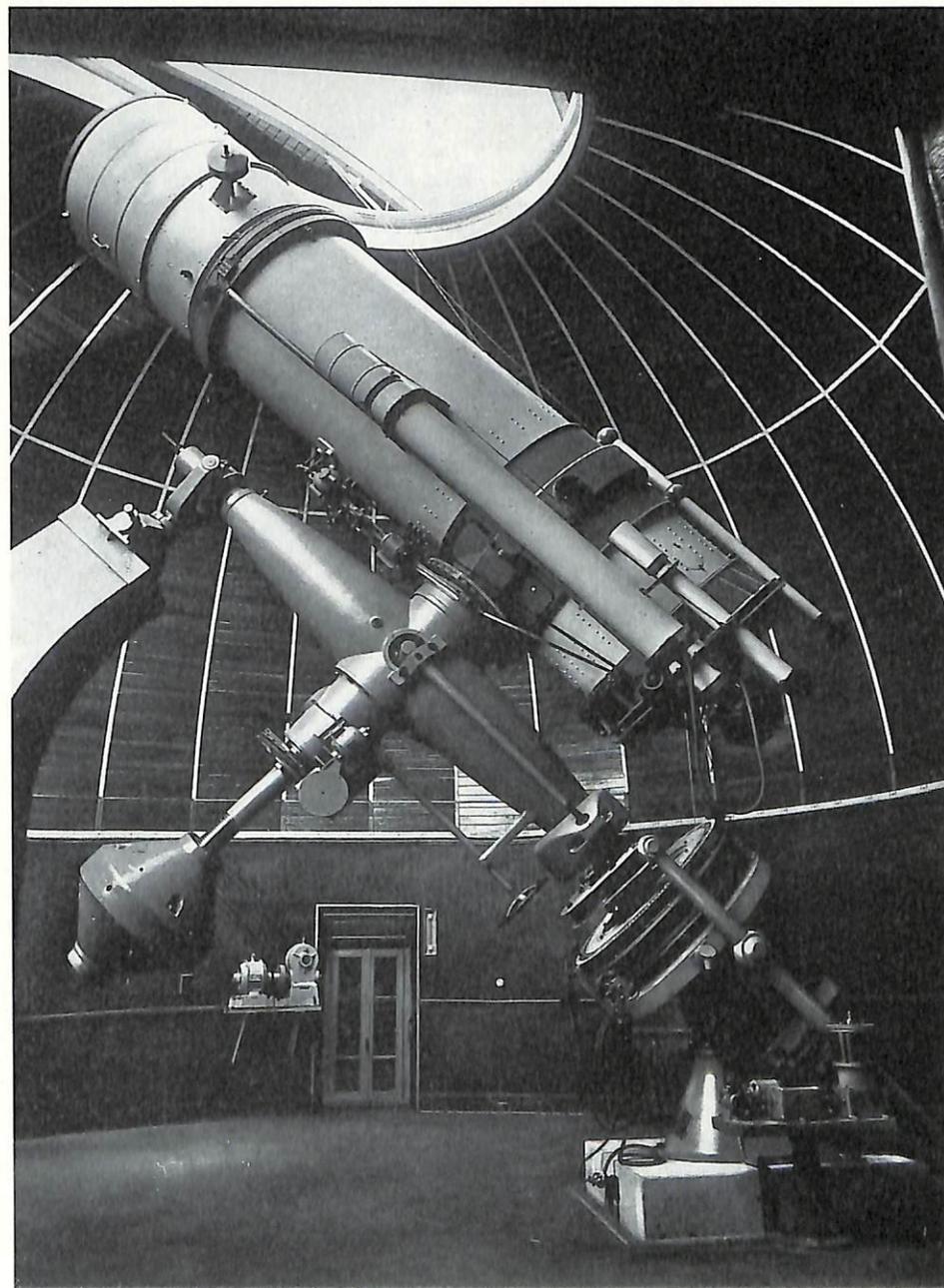
41. Telescopio riflettore

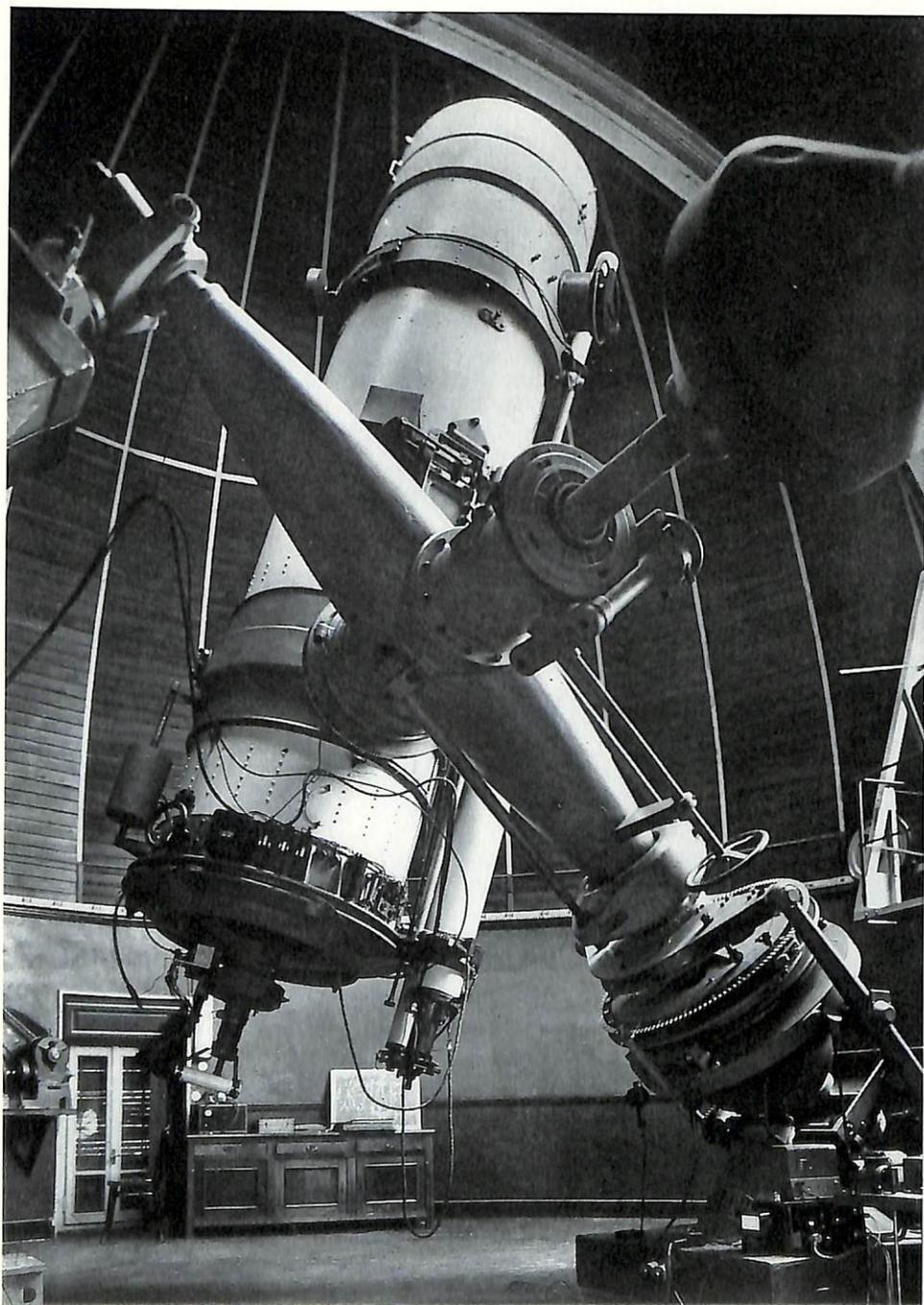
Zeiss, Monaco, 1923-26, Merate, 1043

Fu l'ultimo degli strumenti giunti a Merate in conto danni di guerra; inizialmente, della fornitura dovevano far parte anche la cupola e le scale per l'osservazione, ma in seguito questi furono stralciati dall'ordine. Il telescopio fu ordinato nel 1923 e la consegna doveva avvenire nel maggio 1925, ma all'inizio di quello stesso anno e in modo assolutamente inaspettato la Zeiss avvertiva che era stata rimandata fino all'autunno del 1926. Dopo le vibrato proteste del direttore dell'osservatorio, Emilio Bianchi, la Zeiss si scusava del ritardo e dei danni che questo poteva procurare all'osservatorio, ricordando che a causa del progressivo peggioramento delle condizioni dell'economia tedesca la ditta aveva dovuto licenziare una parte delle maestranze e, inoltre, aveva difficoltà a trovare i materiali necessari alla costruzione. La risposta della Zeiss non bastò a placare l'indignazione di Bianchi, aumentata per il fatto che una fornitura della Zeiss per l'Osservatorio di Arcetri, di entità e di importanza però decisamente inferiore rispetto a quella di Milano, era stata consegnata nei termini di tempo concordati; del problema continuarono ad interessarsi ufficialmente gli organismi competenti sia in Italia sia in Francia, presso la Commissione per le riparazioni. Nell'aprile 1925 Bianchi e Luigi Carnera, direttore dell'Osservatorio di Trieste, si recarono a Monaco per controllare di persona lo stato dei lavori nelle officine Zeiss, compilando un rapporto fortemente negativo. In seguito, però, i rapporti fra Bianchi e la Zeiss migliorarono, diventando di collaborazione stretta. Nel giugno 1926 il telescopio giungeva a Merate.

Il telescopio ha una montatura "all'inglese", cioè il suo asse polare, molto lungo, appoggia alle estremità su due pilastri posti uno a nord e l'altro a sud; il telescopio si trova ad una estremità dell'asse di declinazione che attraversa l'asse polare a metà della sua lunghezza ed è opportunamente contrappesato. Lo specchio ha un diametro utile di 102 cm, una distanza focale di 5 m e presenta un foro centrale di 17 cm di diametro; ha la forma di un paraboloide di rivoluzione ed è scavato in un cilindro di vetro crown della ditta Saint-Gobain. Il telescopio può essere usato sia in configurazione newtoniana sia in quella Cassegrain, intercambiabili fra loro. La prima è realizzata ponendo sull'asse ottico dello specchio primario e prima del suo fuoco uno specchio piano inclinato di 45°: in questo modo l'immagine viene inviata a lato del tubo del telescopio. La configurazione newtoniana era stata scelta perchè particolarmente adatta per lavori fotografici. La configurazione Cassegrain si ottiene ponendo sull'asse ottico dello specchio primario e prima del suo fuoco uno specchio convesso a sezione iperbolica: l'immagine viene rinviata verso il primario, in cui è stato praticato un foro centrale in modo che i raggi di luce provenienti dal secondario possano oltrepassarlo. La configurazione Cassegrain era stata scelta per i lavori con lo spettrografo. In questa configurazione il telescopio ha una lunghezza focale complessiva di circa 16 m.

Il telescopio è dotato anche di un rifrattore da 20 cm di apertura e 301 cm di lunghezza focale, con un reticolo micrometrico, e di due cercatori, uno per





ciascuna configurazione, da 12 cm di apertura. Vi è poi il corredo di oculari: 5 del tipo di Huyghens (da 150, 80, 50, 25, 12.5 mm), due ortoscopici (da 7 e 5 mm), altri tre oculari ortoscopici per il micrometro del rifrattore. Utilizzando tutte le possibilità ottiche del telescopio si può ottenere una gamma di ingrandimenti che va da un minimo di 33 ad un massimo di 3260. Per il puntamento in declinazione vi sono due cerchi divisi, posti perpendicolarmente all'asse di declinazione e avvitati all'asse orario. Uno ha una graduazione grossolana, costituita da una successione di scacchi bianchi e neri rappresentanti un grado. Il secondo è diviso in intervalli di 10'; per mezzo di un sistema di prismi e cannocchiali le indicazioni su questo cerchio sono visibili in un oculare posto a fianco dell'oculare del telescopio, e la lettura viene eseguita per mezzo di un micrometro che fornisce i 10". I due cerchi per la lettura dell'ascensione retta sono posti verso l'estremità sud dell'asse orario. Anche in questo caso vi è un cerchio diviso grossolanamente: la divisione da 0 a 24 ore è rappresentata con una successione di scacchi bianchi e neri, ciascuno dei quali vale 5 minuti. I movimenti per il puntamento, sia quelli più ampi sia quelli micrometrici, possono essere impartiti a mano oppure per mezzo di motorini elettrici. Il moto diurno è impartito al telescopio da un apposito motore elettrico, la cui velocità viene controllata da un regolatore. I due pilastri di sostegno sono costruiti sopra un basamento interrato di cemento armato, e sporgono dal pavimento della sala per una altezza di 4 m il pilastro nord e 25 cm quello sud. Il supporto nord dell'asse orario permette di realizzare aggiustamenti della posizione dell'asse sia in altezza sia in azimut.

Dimensioni

diam. dello specchio: 102

lunghezza del tubo del telescopio: 580 (dal coperchio di chiusura del tubo al piano focale medio della configurazione Cassegrain)

Riferimenti

ms 56

Giotti (1929)

42. Spettrografo

Zeiss, Monaco, 1923-1926, Merate, 1044

Ordinato e pagato nel 1923, giunse a Merate nel febbraio 1926. Realizzato per il riflettore Zeiss da un metro, fu montato per la prima volta nell'agosto 1927 e verificato accuratamente. Con esso fu realizzato un intenso programma di ricerche di astrofisica, un campo in cui l'osservatorio si stava impegnando seriamente per la prima volta in quel periodo.

Lo strumento è costituito da una fenditura di ampiezza variabile, un obiettivo collimatore a due lenti, di 50 mm di apertura e 88 cm di lunghezza focale, un prisma per la dispersione della luce, un obiettivo fotografico per focalizzare lo spettro sulla lastra fotografica. Nello strumento si trovano anche un prisma a riflessione totale e uno specchio piano, che deviano la luce entrante dalla fenditura inviandola verso il prisma, e un piccolo cannocchiale per l'osservazione alla fenditura. Queste parti sono contenute in una scatola metallica che viene agganciata al telescopio, usato in configurazione Cassegrain. Lo spettrografo ha due prismi intercambiabili fra loro, con differenti indici di rifrazione e angoli rifrangenti, e tre differenti obiettivi fotografici, di 60 mm di apertura, e lunghezza focale di 720, 480 e 233 mm (il primo è un doppietto mentre gli altri due sono a tre lenti). Gli accessori sono contenuti in una scatola di legno. Dal contenitore sporgono i tamburi graduati delle viti che permettono lo spostamento del collimatore e dell'obiettivo fotografico, e la rotazione del prisma. Il portalastra della camera fotografica può essere spostato parallelamente alla sua dimensione minore così da fotografare vari spettri (vengono usate lastre 6x9) e può essere inclinato rispetto all'asse dell'obiettivo.

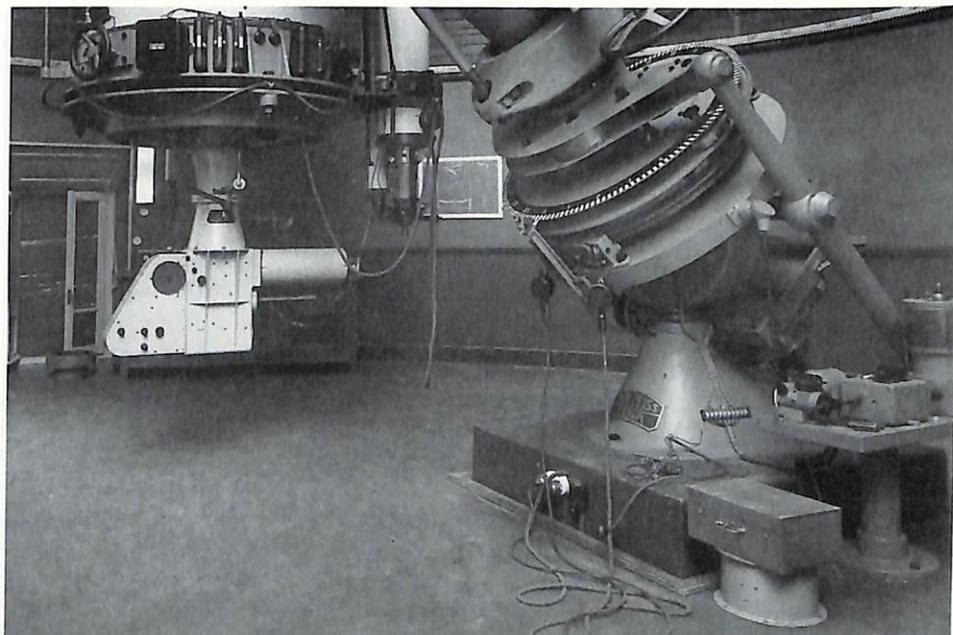
In corrispondenza della fenditura si trova un tubetto con l'arco voltaico di ferro che produce lo spettro di riferimento; la sua luce è deviata nella fenditura da due piccoli prismi a riflessione totale.

Alcuni termometri consentono di leggere la temperatura delle parti interne dello strumento, che può essere mantenuta costante.

Dimensioni

senza camera fotografica: 69 x 75 x 16

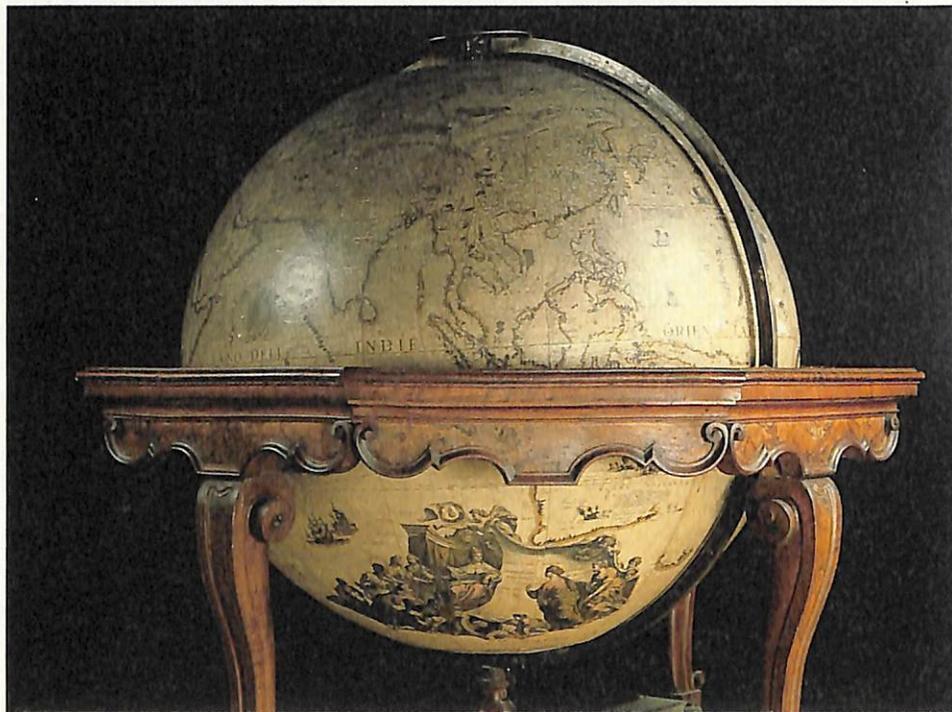
Riferimenti
Cecchini (1929)



Lo spettroscopio Zeiss montato sul telescopio riflettore.

43. Globo terrestre

Coronelli, Venezia, 1688, MNST, 1036



Il globo ha una struttura interna in legno, ricoperta di gesso e cartapesta. Sulla superficie della sfera sono incollate le strisce di carta con il disegno. Complessivamente vi sono 48 fusi, formanti 12 spicchi di superficie, e due calotte: il disegno di ciascuna di queste parti era inciso su una tavola di rame.

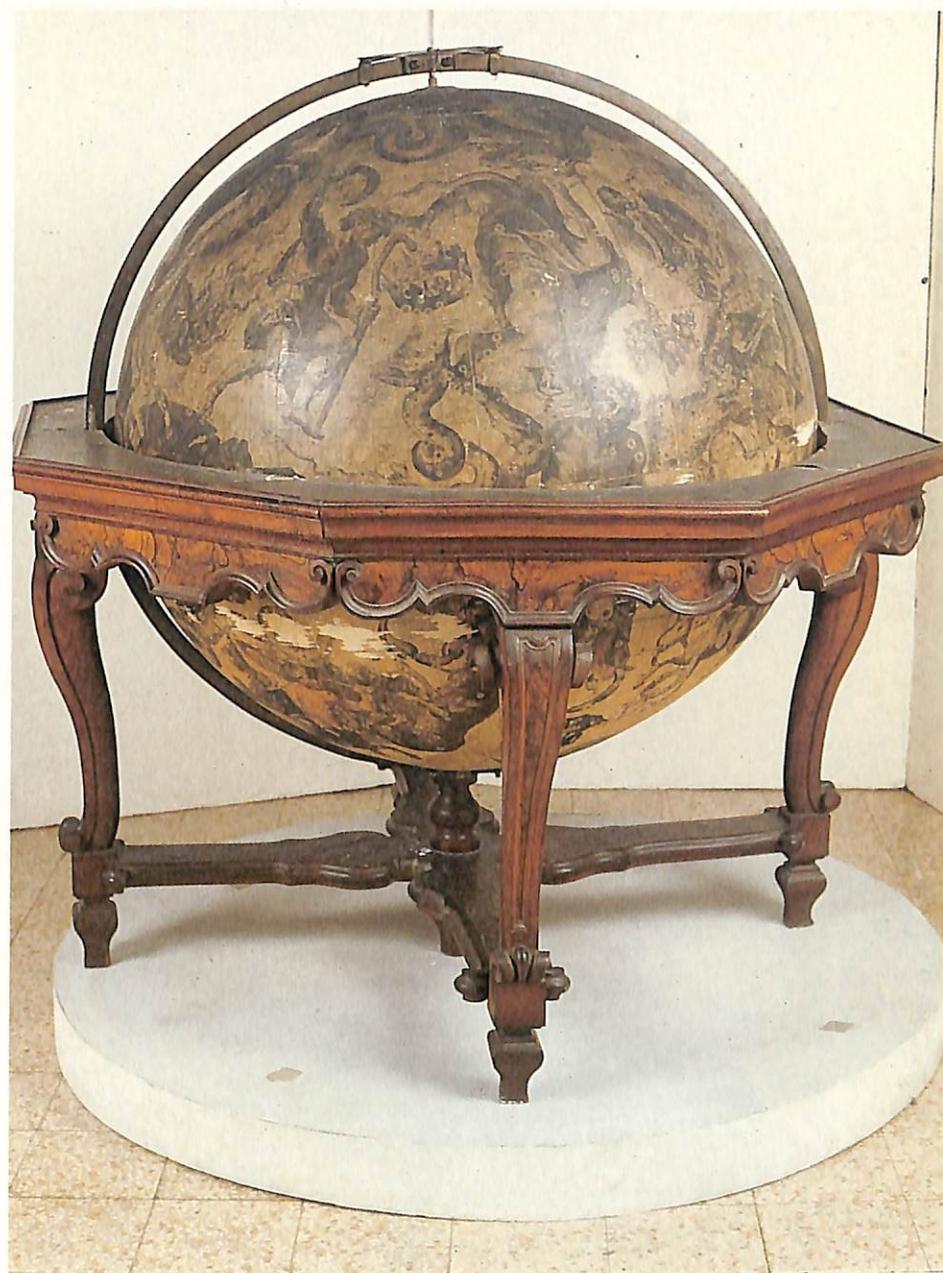
Dimensioni
diam.: 110

Riferimenti
(inv.AS); (inv.1815); (inv.1834(155)); inv.1837(147); inv.1842(147); inv.1867(20); inv.1921(20)

44. Globo celeste

Coronelli, (Venezia), 1693, MNST

Il globo ha la stessa struttura del precedente. Forse fa parte dell'edizione concava di Parigi.



Dimensioni
diam.: 110

Riferimenti
(inv.AS); (inv.1815); (inv.1834(155)); inv.1837(147); inv.1842(147); inv.1867(20); inv.1921(21)

45. Globo celeste

Akerman, (Uppsala), 1766, Brera, 1020

La superficie è quasi illeggibile; necessita di un restauro accurato.
Reca l'iscrizione (in alcuni punti difficilmente leggibile): "GLOBUS COELE-
STIS/ ex Catalogo Britannico/ et De la Caillii observatio=/ nibus (ad)
(Annum) P.N.C. 1800/ cura/ Soc.Cosmogr.Upsal/ (delimatus) ad/ Andrea
Akerman/ (...)/ 1766/ Magnitudines Stellarum". L'osservatorio possedeva
anche un globo terrestre e una sfera armillare dello stesso autore; i tre oggetti
erano stati riadattati da Megele nel 1779.

Dimensioni
diametro: 60

Riferimenti
(inv.AS); inv.1815; inv.1834((69)); inv.1837((88)); inv.1842((88)); inv.1867(99); inv.1921(99);
ms 6a
Cesaris (1779, p.274)

46. Sfera armillare

(Akerman, Upsala, 1766), MNST, 1046

È formata da quattro circonferenze, in ferro, che rappresentano altrettanti meridiani celesti e da altre cinque circonferenze, perpendicolari alle prime, rappresentanti l'equatore e due paralleli celesti in ciascun emisfero. La sfera armillare è retta da un sostegno di legno, con colonna tornita e tre gambe lavorate; può ruotare attorno alla verticale perchè è imperniata ai poli ad una circonferenza di ferro fissata al sostegno di legno. Un asse va da un polo all'altro e passa attraverso una sfera di legno, rappresentante la Terra, posta al centro della sfera definita dalle circonferenze descritte. All'estremità dell'asse di rotazione un indice scorre lungo un cerchio graduato; un braccio fissato ad uno dei meridiani portava la sferetta rappresentante la Luna. Una fascia metallica fissata alla sfera e inclinata rispetto all'equatore circonda la sfera: su di essa è tracciata l'eclittica e sono disegnate le costellazioni zodiacali, ora leggibili con difficoltà.

Dimensioni
diametro: 77
altezza: 168

Riferimenti
inv.1815; inv.1867(97); inv.1921(97); (ms 6a)



47. Globo terrestre

Jüttner, Vienna, 1839, Brera, 1021

Fu acquistato nel 1841. È un globo terrestre, sostenuto da un treppiede di legno. Su una corona circolare di legno che circonda il globo in corrispondenza dell'equatore ci sono indicazioni di punti cardinali, di mesi, di costellazioni zodiacali. Sul treppiede è riportato il numero 30, che si riferisce all'inv.1921. Sul globo si legge la scritta: "ERDKUGEL/ Von 2 Wiener Schuh im Durchmesser nach/ den neuesten geographischen Bestimmungen/ entworfen und herausgegeben von Joseph Jüttner/ Oberstlieutenant in Kais: Königl: Bombardier/ Corps. zu Wien im Jahre 1839/ In kupfer gestochen von/ Berhard Bitter Johan David". La superficie è difficilmente leggibile, necessita di un restauro accurato.

Dimensioni
diametro: 60

Riferimenti
(inv.1842(57)); inv.1921(30)

Appendice 1. Quadranti murali

A1.1 Struttura e uso

Un quadrante murale è costituito, schematicamente, da un lembo circolare che forma un arco di 90° e da un braccio che serve per puntare l'oggetto celeste; una estremità del braccio è fissata nel vertice dell'angolo al centro dell'arco e l'altra estremità è libera di scorrere lungo il lembo, su cui è incisa una graduazione. Il braccio mobile costituisce così l'alidada dello strumento. Il tutto è sorretto da una armatura fissata verticalmente a un muro orientato in direzione nord-sud, quindi il braccio si muove lungo il piano del meridiano; il quadrante è disposto in modo che un lato dell'angolo sia in posizione orizzontale e l'altro lato in posizione verticale. Per il puntamento ci si serviva inizialmente di due 'pinnule', poi alla alidada fu applicato un telescopio, nel cui fuoco erano posti dei fili che facevano da riferimento per la direzione.

Il quadrante murale serviva per misurare le distanze zenitali degli astri nel loro passaggio al meridiano. In questo modo, conoscendo la latitudine del luogo di osservazione era possibile ricavare la declinazione dell'astro; viceversa, si poteva conoscere la latitudine dell'osservatore misurando la distanza zenitale di un astro di declinazione nota. In teoria sarebbe stato possibile usare il quadrante anche per conoscere l'ascensione retta dell'oggetto osservato, misurando con un orologio in tempo sidereo l'istante del suo transito al meridiano: ci si rese conto ben presto, però, che il lembo non era mai esattamente verticale in ogni suo punto cosicché puntando oggetti a differenti altezze la linea di riferimento nell'oculare poteva non coincidere sempre con il meridiano stesso, introducendo così errori elevati nell'ascensione retta: secondo Lalande (citato in Danjon-Couder 1935, p.632-634), questi errori potevano arrivare a 8 secondi di tempo, cioè 2 minuti d'arco. Si era soliti usare quindi uno strumento dei passaggi: in questo modo le due coordinate dell'oggetto celeste venivano misurate con strumenti diversi.

I quadranti murali erano stati perfezionati in modo decisivo a partire dall'inizio del XVIII secolo, soprattutto per merito del costruttore londinese George Graham (1675-1751), che aveva introdotto numerosi miglioramenti anche nella costruzione degli orologi. Graham aveva costruito nel 1725 per l'Osservatorio di Greenwich un quadrante murale da 8 piedi, usato da Halley, e, nel 1727, il settore zenitale da 12.5 piedi di raggio con cui Bradley scoprì la aberrazione della luce e la nutazione dell'asse terrestre. Gli allievi e successori di Graham rimasero insuperati in questo campo per tutto il secolo; John Bird (1709-1776), in particolare, portò a compimento le principali innovazioni, rendendole pubbliche in due volumi: "The method of dividing astronomical instruments" (London 1767) e "The method of constructing mural quadrants: Exemplified by a description of the brass mural quadrant in the Royal Observatory at Greenwich" (London, 1768). Numerosi altri costruttori, anche di altri paesi, dovevano poi adottare tutte o parte delle novità introdotte da Bird, che diventavano così "standard" di quell'epoca.

Gli strumenti di Bird, che avevano un raggio medio di 7.5 piedi inglesi, erano costruiti completamente in ottone, un netto miglioramento rispetto ai precedenti quadranti, anche di Graham, che avevano l'armatura in ferro e solo il lembo diviso in ottone: usando un unico metallo si evitavano le deformazioni dello strumento dovute alle differenti dilatazioni termiche dei due metalli. Bird aveva cercato anche di evitare le deformazioni provocate dal peso stesso, piuttosto elevato, dello strumento: nel caso del quadrante costruito da Graham per Halley l'arco, a causa di questa deformazione, era diventato di 16" minore di 90° (Chapman 1976). Per questo aveva alleggerito l'armatura, studiando la disposizione delle sbarre che la formavano in modo da contrastare le possibili sollecitazioni e fornire la massima rigidità.

L'alidada era costituita da una intelaiatura e non da una semplice lamina metallica, per evitare le flessioni e dare rigidità al tubo del telescopio, che ad essa era rigidamente fissato. Il telescopio, comunque, era sostenuto anche da un contrappeso su cui era possibile spostare una massa mobile per adattarne la posizione alle varie altezze del telescopio.

Il braccio del contrappeso reggeva la lampada di illuminazione dei fili posti nel fuoco dello strumento: la luce era inviata nel telescopio da uno specchio posto alla sua sommità. L'estremità libera dell'alidada scorreva sul lembo graduato e portava il nonio (o verniero, secondo la nomenclatura francese del tempo) e il micrometro.

A1.2 La divisione del lembo

Tracciare le divisioni sul lembo dei quadranti murali era una impresa delicata e complessa, che richiedeva notevole abilità perché per tutto il XVIII secolo veniva svolta a mano. Verso la fine del secolo i costruttori cercarono di realizzare apparati meccanici per eseguire le divisioni.

Fu Ramsden a costruire nel 1775 una prima macchina a dividere funzionante con una discreta precisione, ma questa era utilizzabile solo per cerchi di piccole dimensioni; anche le successive servivano per i cerchi dei teodoliti o dei cerchi moltiplicatori di piccolo diametro. Solo verso il 1825 Reichenbach e Gambey cominciarono i tentativi di divisione meccanica di strumenti di grande raggio (Daumas 1953, p.257).

Per migliorare l'affidabilità della lettura, Graham aveva introdotto per la prima volta nel quadrante costruito nel 1725 per Halley una doppia divisione del lembo: una divideva l'angolo retto del quadrante in 90 parti, l'altra in 96. Normalmente la graduazione in gradi era suddivisa ogni $5'$, e il nonio permetteva la lettura dei $15''$, mentre ogni divisione della scala con 96 parti era suddivisa a sua volta in 16 parti. L'angolo veniva letto su entrambe le scale e la lettura della graduazione della scala con 96 parti era convertita in gradi grazie ad una tavola di corrispondenza. La doppia lettura permetteva di minimizzare gli effetti di eventuali errori nella divisione del lembo, errori che

erano più probabili nella scala dei gradi perchè più complessa da tracciare. La doppia divisione del lembo diventò molto comune e diffusa presso tutti i costruttori.

Per dividere il lembo si fissava per prima cosa lo zero, poi si individuava il punto a 60° per mezzo di un compasso a verga, prendendo una corda della stessa lunghezza del raggio. Tramite la bisezione dell'arco si ricavava l'arco di 30° e, riportando questo oltre i 60° , si otteneva la divisione corrispondente a 90° . La bisezione degli archi ottenuti e la loro combinazione dava i valori 15° , 45° , 75° : per proseguire bisognava usare una scala di proporzione. Bird usava compassi a verga preparati per la lunghezza delle corde degli archi di 60° , $42^\circ 40'$, 30° , 15° , $10^\circ 20'$, $4^\circ 40'$ (Daumas 1953, p.258); Cesaris (1791) sostiene che veniva considerato anche l'arco di $21^\circ 20'$. Attraverso la successione 60° , 30° , 90° , 75° , $85^\circ 20'$ si otteneva un angolo che permetteva di procedere per sole bisezioni: attraverso 1024 divisioni di $85^\circ 20'$ si giungeva ai $5'$ delle divisioni minime. Gli archi venivano scelti in modo da ricavare con essi gli stessi punti attraverso più di una combinazione geometrica di angoli, così da avere una possibilità maggiore di controllo e verifica dell'accuratezza del lavoro. Per la divisione in 96 parti Bird divideva l'arco di 90° in tre e proseguiva per bisezioni successive, un procedimento più semplice e meno affetto da errori.

Il lavoro durava più di una cinquantina di giorni e richiedeva estrema cura e precisione. Bird preparava i compassi all'apertura voluta la sera prima e li lasciava tutta la notte a fianco del lembo perchè raggiungessero l'equilibrio termico; si evitava di esporre gli strumenti all'irraggiamento diretto di fonti di calore e, addirittura, si sceglievano i periodi dell'anno più adatti in cui tracciare le divisioni, generalmente all'inizio della primavera o dell'autunno. Veniva posta anche molta attenzione al modo di incidere sul metallo i tratti delle divisioni, che dovevano essere netti e fini.

A1.3 Errori dei quadranti murali e loro verifica

I quadranti murali, come tutti gli strumenti di osservazione, introducevano nelle misure degli errori che gli astronomi dovevano conoscere, per correggerli agendo sullo strumento o per tenerne conto nella riduzione delle osservazioni. Boscovich aveva compiuto studi accurati sulla verifica degli errori strumentali, elaborando alcune procedure originali che furono applicate a strumenti dell'osservatorio di Brera.

Alcuni degli errori di un quadrante murale dipendevano dalla sua forma non simmetrica. Lo strumento, che ha una massa notevole, era fissato al muro da un solo lato, ed era possibile, quindi, che si deformasse sotto l'azione del suo stesso peso; inoltre il telescopio, piuttosto lungo, ruotava attorno ad una sua estremità ed erano possibili flessioni del tubo: a questo si cercava di porre rimedio usando contrappesi per sostenere il telescopio. Era difficile verificare la planarità del lembo diviso, così esteso, stabilendo la distanza di ogni sua

parte dal piano ideale contenente tutto il lembo e il centro dello strumento. Per questo Boscovich (1785) aveva ideato dei sistemi di verifica che furono applicati per la prima volta a Milano nella verifica del sestante e del quadrante murale di Canivet.

Vi erano poi gli errori di posizionamento. L'errore di azimut è l'angolo che il piano del quadrante forma con il piano del meridiano, visto che è impossibile collocare esattamente lo strumento in questo piano. La verifica di questo errore era piuttosto difficile perchè lo strumento non poteva essere invertito, non poteva cioè essere ruotato di 180° rispetto alla verticale, un'operazione che forniva, come vedremo nel par. A2, un metodo risolutore del problema. Così la posizione di un quadrante murale doveva essere studiata facendo ricorso al confronto con altri strumenti che permettessero l'inversione, e non era verificabile in modo autonomo. La mancata planarità del lembo introduceva, in effetti, vari errori di azimut a seconda della porzione di lembo in cui si veniva a trovare l'estremità dell'alidada, che reggeva il telescopio, e quindi a seconda della altezza dell'oggetto celeste osservato. La approssimazione con cui si poteva conoscere questo insieme di errori impediva di usare il quadrante anche per misure di passaggi, come si era sperato, per cui restava la necessità di usare anche uno strumento dei passaggi. Questo allungava il tempo totale dell'osservazione perchè si doveva attendere la sera successiva alla misura della distanza zenitale per avere di nuovo l'oggetto in meridiano e misurare l'istante del transito; oppure si doveva ricorrere a un secondo astronomo, o a un secondo gruppo di astronomi, che si occupasse nello stesso tempo dello strumento dei passaggi: questo doveva essere preferibilmente in un'altra stanza per evitare che l'eventuale rumore prodotto al quadrante murale coprisse i battiti dell'orologio, indispensabili nella misura secondo il metodo "dell'occhio e dell'orecchio" (vedi par. A4).

Per la verifica della verticalità di un lato del quadrante ci si serviva del filo a piombo appeso allo strumento. Il filo doveva passare davanti a due punti di riferimento, uno dei quali posto vicino al vertice del quadrante e l'altro sul lembo presso lo zero, incisi ovviamente alla stessa distanza da essi: la posizione era controllata con due microscopi.

L'aggiustamento necessario a portare il filo sul primo dei punti di riferimento veniva eseguito spostando con una vite la lamina metallica a cui era appeso il filo. Questa verifica meccanica non era però sufficiente a stabilire il cosiddetto principio di numerazione, cioè a controllare quale divisione venisse indicata quando l'asse ottico del telescopio puntava allo zenit: la divisione doveva corrispondere allo zero, perchè si misurava la distanza zenitale delle stelle, cioè la loro distanza angolare dallo zenit. Lo zenit era allora determinato con uno strumento che permettesse l'inversione, per esempio un sestante mobile; il principio di numerazione veniva trovato confrontando fra loro le misure di posizione di stelle prossime allo zenit ricavate al quadrante e al sestante. Si poteva anche verificare la orizzontalità dell'indicazione 90° .

All'osservatorio di Brera, per verificare il quadrante di Canivet, gli astronomi avevano usato come riferimento un oggetto terrestre, osservato prima direttamente e poi riflesso dalla superficie dell'acqua di una bacinella: l'immagine riflessa appare sotto l'orizzonte dello stesso angolo con cui è vista, sopra l'orizzonte, l'immagine diretta, e la media delle due misure dà la direzione orizzontale. Questo metodo di osservazione di immagini dirette e riflesse verrà usato a lungo, ma per determinare la flessione del telescopio. Nel 1825-1827 Kater espose il progetto di un collimatore per stabilire la linea orizzontale e il principio di numerazione: diventava così disponibile un apparato che evitava il ricorso ad uno strumento di confronto. A quell'epoca, però, i quadranti murali non erano più gli strumenti principali; erano stati sostituiti dagli strumenti a cerchio intero, cioè dai cerchi murali, che ancora non permettevano l'inversione, e dai cerchi meridiani.

A1.4 Lettura delle divisioni

Per ottenere misure più fini dalla scala incisa sul lembo dello strumento si usavano (e si usano ancora in alcuni strumenti moderni) degli apparati specifici, il nonio e il micrometro.

• Nonio

Il nonio è costituito da una scala secondaria tracciata su una piastrina, nel caso dei quadranti solidale con l'alidada, che può scorrere lungo la graduazione principale: le n divisioni del nonio coprono $n+1$ divisioni della scala principale (o $n-1$ negli strumenti moderni). Si ha allora:

$$(n+1)d = nd'$$

$$d'-d = d/n$$

dove d è l'intervallo minimo della divisione principale e d' è l'intervallo minimo della divisione del nonio. Nel caso di un nonio al decimo ci sono 10 intervalli che corrispondono a 11 divisioni principali: ogni divisione ausiliaria è quindi maggiore di un decimo della graduazione del lembo. Per eseguire la lettura si osserva per prima cosa la divisione del lembo di valore più basso vicina allo zero del nonio, e questa costituisce la base della misura a cui si dovrà aggiungere l'indicazione del nonio. Poi si vede quale divisione del nonio coincide con una divisione del lembo: se è la m -esima, alla misura precedente dovrà essere aggiunto $m(d'-d)$ cioè m volte d/n . Per esempio, se il nonio è al decimo, lo zero del nonio è fra i valori 15 e 16 della divisione del lembo e la 4^a divisione del nonio coincide con una divisione del lembo, la misura è 15.4.

Le graduazioni del lembo e del nonio sono crescenti in direzioni opposte. Nel caso di un nonio in cui n divisioni corrispondono a $n-1$ divisioni del lembo le graduazioni sono crescenti nello stesso senso.

Se non si trovava una esatta coincidenza fra una divisione del nonio e una del lembo si poteva eseguire una stima a occhio oppure si spostava il nonio

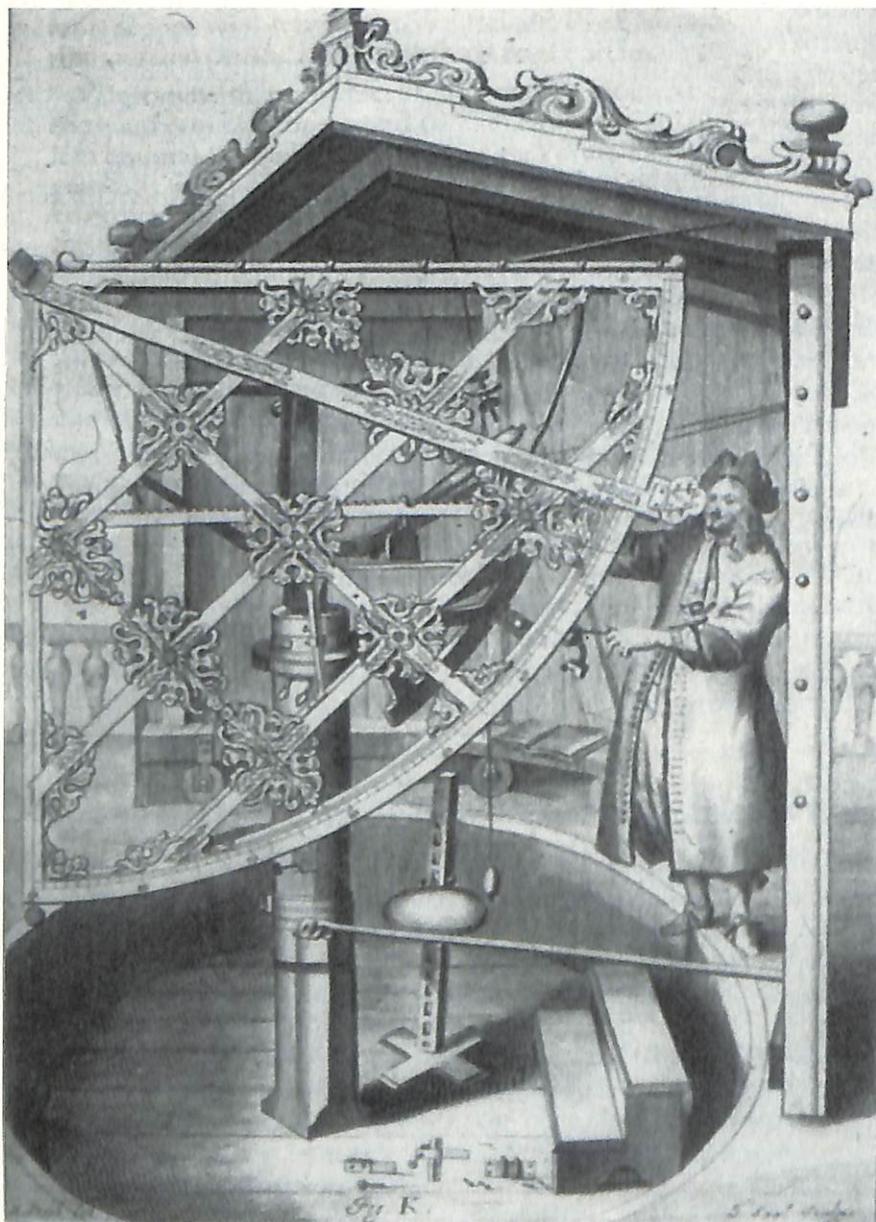
tramite una vite micrometrica di passo conosciuto, cioè si usava un micrometro.

• Micrometro

Il micrometro era stato sviluppato da Bird ed applicato per la prima volta nel 1745, dietro richiesta di Bradley, a un quadrante murale di Graham, esistente a Greenwich. Consisteva in una vite senza fine che univa l'estremità dell'alidada, recante il nonio, alla ganascia di bloccaggio che serviva per fissare l'alidada al lembo. Il passo della vite doveva essere estremamente regolare e la vite portava ad una estremità un disco graduato sul quale, per mezzo di un riferimento fisso, si leggevano i giri e le frazioni di giro compiute dalla vite; nell'analisi iniziale dello strumento si ricavava la corrispondenza fra un giro della vite e la misura angolare. L'osservatore doveva muovere il telescopio fino a inquadrare la stella; il telescopio veniva bloccato nella sua posizione per mezzo della ganascia e si ruotava la vite finché la stella non veniva a trovarsi esattamente al centro del reticolo. Si leggeva allora la posizione sul lembo graduato, eventualmente usando ancora il micrometro per far coincidere una divisione del nonio con una del lembo: alla posizione letta si aggiungeva il valore corrispondente alle frazioni di giro del micrometro.

Appendice 2. I quadranti e i sestanti mobili: l'utilità dell'inversione

Alcuni degli errori di uno strumento possono essere verificati se lo strumento può ruotare di 180° attorno alla verticale. I quadranti murali, solidamente attaccati al loro muro di sostegno, non avevano certo questa possibilità, ma



A2.1 Sestante del XVIII secolo.

venivano costruiti quadranti oppure sestanti, archi di 60° di ampiezza, che erano sostenuti da una colonna portata da un treppiede; mentre per quadranti mobili di piccole dimensioni questo non comportava difficoltà, per strumenti di taglia più grande cominciavano ad esserci problemi di stabilità e di peso: per questo, in qualche caso, dei quadranti erano stati addirittura attaccati a muri che potevano ruotare attorno a un robusto perno verticale. L'operazione di ruotare lo strumento di 180° attorno alla verticale si chiama inversione: inverte infatti la direzione verso cui si trova il lembo dello strumento.

Con l'inversione si potevano facilmente verificare gli estremi della numerazione e in particolare il principio della numerazione, cioè lo zero della scala. Per questo si puntava lo strumento verso una stella prossima allo zenit nel momento del suo passaggio al meridiano, misurando la sua distanza zenitale; la distanza zenitale della stessa stella veniva poi misurata il giorno seguente dopo aver invertito lo strumento. I due valori devono coincidere, in assenza di errori; in caso contrario è facile calcolare l'errore sul principio della numerazione, in quanto non è altro che la metà della differenza fra le due misure. Questa procedura forniva allo stesso tempo la distanza zenitale della stella e l'errore dello strumento; questo doveva essere considerato nelle successive misure, oppure, se non era molto rilevante, si poteva spostare il reticolo dello strumento in modo da rendere la cosiddetta linea di fiducia del telescopio, identificata dall'intersezione dei fili centrali del reticolo, parallela al raggio dello strumento passante per lo zero.

Per la verifica della numerazione 90° si poteva disporre il telescopio dello strumento in posizione orizzontale, puntandolo verso un oggetto terrestre di riferimento sull'orizzonte e leggendo l'indicazione corrispondente. Si invertiva poi lo strumento, e si puntava il telescopio sullo stesso oggetto, rilevando ancora la sua posizione: anche in questo caso l'errore della numerazione è pari alla metà della differenza fra i due valori. Naturalmente, se alla prima misura lo strumento aveva il telescopio, e il vertice, in alto, dopo l'inversione, per poter puntare di nuovo lo stesso riferimento, bisognava ruotare lo strumento di 180° anche attorno all'asse orizzontale: in questo modo però il vertice dello strumento veniva a trovarsi in basso e non si poteva usare il filo a piombo, che al vertice era attaccato. Si risolveva il problema sospendendo il filo a piombo al lembo, in modo che scendesse sul vertice dello strumento, davanti al punto rappresentante il centro geometrico e vicino al quale era normalmente fissato. Inoltre bisognava evitare di introdurre errori di parallasse, dato che il riferimento non era a distanza infinita: bisognava allora alzare lo strumento in modo che il cannocchiale fosse alla stessa altezza dal suolo che nella prima misura oppure, se questo non era possibile, bisognava puntare su un secondo riferimento posto sulla verticale del primo ad una distanza da questo pari alla differenza di altezza del telescopio nelle due misure.

Appendice 3. Dal quarto di cerchio al cerchio intero

Un netto miglioramento nella precisione delle misure si verificò con gli strumenti che, oltre a permettere l'inversione, avevano le divisioni tracciate su un cerchio intero anziché su un arco di cerchio. Questo permetteva di disporre su un cerchio alidada più nonii equidistanti fra loro e quindi di eseguire più letture contemporaneamente su parti diverse della divisione: il valore della distanza zenitale in una osservazione era allora la media delle letture ai vari nonii. Questo permetteva in primo luogo di mediare gli eventuali errori presenti nella divisione del lembo e, inoltre, consentiva di diminuire l'errore probabile della misura, in quanto ciascuna lettura può considerarsi come indipendente: se l'errore probabile su una lettura è E e si eseguono le letture su n nonii, l'errore sulla media è pari a E/\sqrt{n} . Così, disponendo di 4 nonii, o 4 microscopi micrometrici, a 90° uno dall'altro si ottiene una misura che ha un errore pari alla metà dell'errore della singola lettura.

Un altro vantaggio nell'uso di più nonii equidistanti consiste nella eliminazione quasi completa di alcuni errori costruttivi, per esempio il cosiddetto errore di eccentricità che deriva dalla mancata coincidenza dei centri del lembo diviso e dell'alidada. La lettura eseguita con due nonii opposti, disposti cioè a 180° uno dall'altro, elimina l'errore, o lo diminuisce molto se i nonii non sono esattamente a 180° ; con quattro nonii si hanno due coppie di letture contrapposte e questo compensa un eventuale difetto nella disposizione dei nonii stessi.

L'uso di un cerchio intero permetteva non solo vantaggi nella lettura rispetto al caso dei quadranti, ma anche maggiore accuratezza nella stessa costruzione. Con la loro introduzione si realizzò un salto nella precisione degli strumenti, che passò da 1" o 2", ottenuta con le innovazioni di Bird, a 0.5" all'inizio del XIX secolo (Chapman 1983).

Applicando il cerchio all'asse di uno strumento dei passaggi, che poteva essere invertito, si otteneva uno strumento, il cerchio meridiano, in cui alcuni errori erano ridotti di molto, se non eliminati completamente, e altri potevano essere studiati con grande facilità.

In effetti Roemer aveva costruito già nel 1704 il primo cerchio meridiano, ma a quell'epoca non poteva competere con i quadranti murali a causa del raggio troppo piccolo: solo con archi di grande raggio era possibile allora realizzare divisioni soddisfacenti e l'idea di Roemer era stata completamente dimenticata. Nella seconda metà del XVIII secolo i costruttori cominciarono a impiegare sempre più cerchi interi per piccoli strumenti, teodoliti per esempio, e verso la fine del secolo utilizzarono cerchi anche per strumenti astronomici. Nonostante che fino al 1850 circa i cerchi di grande raggio degli strumenti di un osservatorio astronomico continuassero ad essere divisi a mano, la accresciuta abilità meccanica e il maggiore controllo sulle divisioni di un cerchio intero permisero di realizzare cerchi di raggio minore dei quadranti murali o dei sestanti mobili, con una diminuzione del loro peso e quindi delle eventuali flessioni.

I cerchi si prestavano anche per essere divisi con le macchine per dividere che si venivano realizzando verso la fine del XVIII secolo, prime fra tutte quelle di Ramsden e di Troughton. Inizialmente furono utilizzate per piccoli strumenti, teodoliti, piccoli cerchi ripetitori; fu solo alla metà del XIX secolo che una macchina, costruita da Simm e di concezione innovativa, fu usata per la divisione di uno strumento da osservatorio, il cerchio meridiano di Airy. L'uso di più dispositivi di lettura equidistanti permette anche in questo caso di ridurre in modo drastico alcuni errori: quelli sistematici e periodici derivanti dal centramento imperfetto del cerchio da dividere rispetto al centro della macchina, dal mancato parallelismo fra superficie del cerchio e piano della macchina e da eventuali imperfezioni nella vite di precisione che regola l'avanzamento del piatto della macchina (Andoyer-Lambert 1924, p.79; Chauvenet 1891, vol.2: p.51-55).

Appendice 4. Strumenti dei passaggi e cerchi meridiani

A4.1 Struttura e usi

Lo strumento dei passaggi è formato da un telescopio che può ruotare attorno ad un asse orizzontale perpendicolare al proprio asse ottico e, in genere, disposto stabilmente in direzione est-ovest. In questo modo il telescopio, ruotando attorno all'asse, percorre il meridiano locale, cioè il meridiano celeste che passa per i punti cardinali nord e sud, oltre che, ovviamente, per lo zenit.

Questo tipo di strumento è usato insieme ad un orologio, regolato in tempo sidereo, e permette di determinare l'ascensione retta di un oggetto celeste attraverso la rilevazione dell'istante di tempo in cui avviene il suo passaggio al meridiano. Viceversa, conoscendo l'ascensione retta di una stella è possibile verificare l'andamento dell'orologio ed eseguire eventuali correzioni del suo moto.

Il cerchio meridiano è uno strumento dalla struttura simile allo strumento dei passaggi, in cui però un cerchio diviso è applicato all'asse, perpendicolarmente ad esso: si può così misurare anche la distanza zenitale dell'oggetto celeste osservato e in questo modo si ricava, conoscendo la latitudine del luogo di osservazione, la sua seconda coordinata, la declinazione.

Nel fuoco dell'obiettivo di questi strumenti si trova un reticolo con più fili verticali, in numero dispari (spesso 5 o 7), e uno o più fili orizzontali; il filo verticale centrale individua il meridiano. Il meridiano può anche essere identificato da un filo "teorico", la cui posizione è stabilita da un processo di media delle posizioni degli altri fili e tiene conto di eventuali errori di collimazione. Tutto il reticolo può essere leggermente spostato e ruotato per compiere i necessari aggiustamenti; spesso vi era un micrometro con un filo verticale mobile e nei cerchi meridiani c'era anche un micrometro con un filo mobile orizzontale. Per distinguere i fili contro il cielo buio si illuminava il campo visivo con la luce di una lampada inviata nel telescopio da uno specchio, spesso a forma di corona circolare e posto nel centro dello strumento.

Fino alla metà del XIX sec. si individuava l'istante del transito al meridiano ascoltando i battiti dell'orologio ed eseguendo delle stime personali: il metodo era detto "dell'occhio e dell'orecchio". Messa in posizione il telescopio all'altezza voluta, l'astronomo osservava il movimento apparente della stella; quando questa si avvicinava al filo l'osservatore prendeva nota dell'ora e del minuto segnati dall'orologio e, guardando nel telescopio, contava i secondi battuti dall'orologio. In genere la stella attraversa il filo fra due battiti e l'osservatore doveva stimare "a occhio" la frazione di secondo da aggiungere alla misura. Per questo l'osservatore doveva notare la posizione della stella all'ultimo battito prima dell'attraversamento del filo e la posizione al battito successivo, il primo dopo l'attraversamento; quindi valutava la distanza della prima posizione dal filo, confrontandola con la distanza totale fra le due

posizioni, esprimendo il loro rapporto con un numero decimale: questa era anche la frazione di secondo da aggiungere al numero di secondi contati.

Il metodo permette di valutare il decimo di secondo, ma le stime variano da osservatore a osservatore. L'errore sistematico sulla valutazione del passaggio si chiama "equazione personale" e fu studiata in modo completo da Bessel che nel 1822 ne scrisse sulle "Astronomische Beobachtungen".

Prima di allora non ci si era compiutamente resi conto del problema e questo aveva creato non poche difficoltà nel confronto delle misure: nel 1795 Maskelyne aveva addirittura licenziato il suo assistente una volta accortosi che le loro valutazioni differivano costantemente di 0.5 - 0.8 secondi.

Per evitare l'errore personale era stato introdotto verso la metà del XIX secolo un meccanismo registratore: al momento del transito al filo centrale l'osservatore premeva il tasto di un dispositivo telegrafico, tracciando così un segno su una striscia scorrevole di carta su cui venivano tracciati anche i segni dei battiti dell'orologio. Per ottenere una maggiore precisione venivano in realtà segnati i passaggi a tutti i fili del reticolo. Questo metodo era notevolmente più preciso del precedente, ma anch'esso non era completamente esente da errori dipendenti dall'osservatore. Nel 1890 fu costruito da Repsold e figli il primo micrometro "impersonale" affidabile. In questo dispositivo un filo verticale mobile viene spostato dall'osservatore tramite una vite micrometrica in modo che tagli sempre la stella, inseguendola nel suo movimento apparente. La testa della vite è sagomata in modo da chiudere ad intervalli stabiliti l'interruttore di un telegrafo che traccia dei segni sulla striscia scorrevole di carta; anche in questo caso una seconda punta segna sulla striscia le indicazioni dei battiti dell'orologio (questo tipo di dispositivo di registrazione è chiamato cronografo registratore).

I primi apparati di Repsold per la registrazione dei passaggi furono usati a Milano nel 1896, nelle misure della differenza di longitudine fra la Specola e il punto trigonometrico di Crea, nel Monferrato. L'apparato originale fu modificato da Leonardo Milani, meccanico dell'osservatorio, che migliorò i contatti rendendo più sicura la misura.

A4.2 Errori e costanti dello strumento

Strumenti dei passaggi e cerchi meridiani permettevano di eseguire l'inversione e questo consentiva di conoscere con precisione gli errori sistematici dello strumento.

L'errore di collimazione si ha quando l'asse ottico del telescopio, su cui si trova l'intersezione del filo centrale verticale del reticolo con il filo orizzontale, non è esattamente perpendicolare all'asse di rotazione dello strumento. Il primo metodo usato dagli astronomi, e per lungo tempo, richiedeva di avere sull'orizzonte, approssimativamente al meridiano, un oggetto di riferimento lontano e ben definito; questo poteva essere un punto significativo del

paesaggio o di una costruzione oppure una mira costruita appositamente. Si puntava il telescopio verso la mira e si spostava su questa il filo verticale mobile del micrometro; poi si invertiva lo strumento e se non vi era più coincidenza, segno della presenza di un errore di collimazione, si muoveva il filo fino a riportarlo sulla immagine della mira: l'angolo fra le due posizioni del filo, letto sul micrometro, corrisponde al doppio dell'errore di collimazione. Le mire dovevano essere molto lontane per garantire che i raggi di luce provenienti da esse fossero paralleli e quindi venissero messi a fuoco sul piano del reticolo, come per le stelle.

Al posto di una mira lontana si poteva usare un collimatore, cioè un piccolo cannocchiale formato da un obiettivo, rivolto verso il telescopio, dietro il quale, nel fuoco, è posto un crocifilo illuminato: i raggi di luce che partono dal crocifilo escono dall'obiettivo paralleli fra loro.

Più tardi si usarono due collimatori, posti uno a nord e uno a sud del cerchio meridiano, con l'obiettivo rivolto verso di esso e ad un'altezza rispetto al telescopio tale da poterlo puntare ora verso l'uno ora verso l'altro dei cannocchiali. Il telescopio del cerchio meridiano doveva avere due fori opposti sul cubo centrale, uno per ogni faccia libera.

Disponendo in verticale il telescopio, con un collimatore si vedeva l'altro attraverso i fori del cubo e si poteva così puntare un collimatore verso l'altro in modo da far coincidere le immagini dei due crocifili. Fatto questo, i due collimatori definivano una direzione ben precisa nello spazio: si puntava allora il telescopio prima verso un collimatore, osservando la posizione del suo reticolo rispetto a quello del telescopio, e poi verso l'altro, compiendo la stessa osservazione. Dal confronto delle due misure era possibile ricavare l'angolo di collimazione.

Fu poi applicato un altro sistema per ricavare l'errore, consistente nell'osservazione dei fili del micrometro riflessi da una superficie di mercurio; vedremo meglio questo metodo più avanti.

L'errore di inclinazione deriva dall'inclinazione dell'asse di rotazione rispetto al piano orizzontale. Inizialmente si verificava la posizione dell'asse con una livella a bolla di precisione. La livella aveva due staffe che permettevano di appenderla (o appoggiarla, a seconda dei modelli) ai perni dell'asse, parallelamente a questo. Eseguita una prima lettura, si girava la livella scambiando di posto le staffe e si faceva una seconda lettura: la differenza fra i due valori era pari al doppio dell'errore di inclinazione. Per correggere l'errore uno degli appoggi dell'asse aveva la possibilità di essere spostato verticalmente; se l'errore era piccolo gli astronomi preferivano, come nel caso di tutti gli altri errori, evitare di intervenire sullo strumento, introducendo una correzione numerica nei risultati ottenuti dalle osservazioni.

L'uso della livella non era però senza problemi, come ci si accorse con l'esperienza. La stessa livella doveva essere analizzata per scoprire eventuali irregolarità nella forma, cioè nella curvatura della superficie superiore;

bisognava conoscerne il comportamento in presenza di variazioni di temperatura e verificarla periodicamente perchè le sue indicazioni potevano variare con il tempo, in seguito a deformazioni del vetro o a mutamenti nel liquido. Per esempio Carlini analizzò accuratamente la livella a bolla dello strumento dei passaggi usando un sostegno per la livella che disponeva di due viti micrometriche: in questo modo si poteva valutare con molta precisione lo spostamento della bolla in seguito a un aumento noto della sua inclinazione (Carlini 1820 e 1826; sullo stesso argomento vedi anche Bianchi 1826).

Dalle analisi si poteva ricavare una tabella di correzioni da applicare alle indicazioni della livella, ma il suo uso nell'ambito delle misure astronomiche di precisione rimaneva comunque piuttosto delicato e i risultati poco sicuri. Nel 1825 Bohnenberger aveva descritto nelle "Astronomischen Nachrichten" il metodo da lui inventato per eseguire la verifica dell'inclinazione dell'asse attraverso l'osservazione dei fili del reticolo riflessi da una superficie di mercurio: questo metodo permetteva di raggiungere risultati precisi e diventò con il tempo il principale in uso negli osservatori. Si dispone in verticale il telescopio, con l'obiettivo rivolto verso il basso; sotto si pone una vaschetta contenente mercurio. Si usa un oculare particolare, l'oculare collimatore, che permette di illuminare i fili del reticolo: nell'oculare si vedono allora i fili e la loro immagine riflessa dal mercurio. Se l'asse di rotazione è perfettamente orizzontale, i fili e le loro immagini devono coincidere; se questo non avviene, cioè se c'è un errore di inclinazione, si sposta il filo mobile del micrometro dal centro del reticolo fino a farlo coincidere con la propria immagine, misurando la distanza angolare fra le due posizioni: questa corrisponde all'angolo di inclinazione. Se non ci si vuole servire del reticolo come riferimento, dopo aver fatto coincidere il filo mobile con la propria immagine si inverte lo strumento: ora il filo mobile non coincide più con la propria immagine e lo si sposta allora fino ad ottenere di nuovo la coincidenza, leggendo sul micrometro l'angolo fra la prima e la seconda posizione. L'angolo è pari al doppio dell'angolo di inclinazione dell'asse.

Nel descrivere questo tipo di misura si è implicitamente supposto che non ci fosse errore di collimazione del telescopio, o che fosse conosciuto. Ma questo non è indispensabile: nell'inversione dello strumento i due tipi di errore influenzano la posizione dell'immagine rispetto al filo centrale del reticolo in modo diverso. A causa dell'errore di collimazione l'immagine viene spostata rispetto al filo centrale in senso opposto rispetto a prima dell'inversione, mentre l'errore di inclinazione agisce sulla posizione spostandola nello stesso senso. In questo modo il metodo permette, combinando opportunamente le letture delle posizioni di coincidenza rispetto al filo centrale, di ricavare nello stesso tempo sia l'errore di inclinazione che l'errore di collimazione.

In un cerchio meridiano, una volta stabiliti i due errori precedenti, era possibile allora definire con precisione attraverso l'osservazione delle immagini riflesse la direzione verticale e stabilire così sul cerchio diviso il principio della

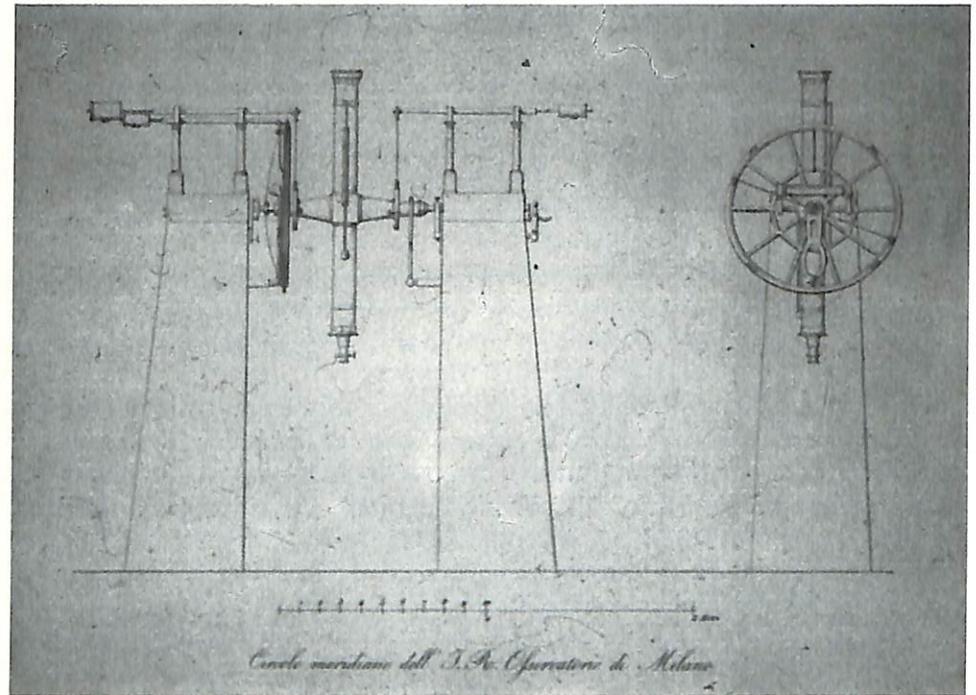
numerazione.

L'errore di azimut è l'angolo che l'asse di rotazione compie con la linea est-ovest, con cui dovrebbe invece coincidere. Per conoscerlo si misura l'istante del passaggio di una stella circumpolare sopra e sotto il polo celeste. Fra i due passaggi c'è un intervallo di 12 ore: se si misura un intervallo di tempo differente, anche dopo aver fatto le correzioni per gli errori di collimazione e di inclinazione, vuol dire che il filo medio del reticolo non corrisponde al meridiano: dalla differenza di tempo fra i passaggi si ricava il valore dell'errore di azimut. Anche in questo caso un sostegno dell'asse può essere spostato, in senso orizzontale, per correggere l'errore: se questo è piccolo si introduce semplicemente un fattore correttivo nelle misure. Una volta stabilita la direzione dell'asse di rotazione, veniva spesso posta una mira sul meridiano, a sud o a nord dello strumento, in modo da avere la possibilità di eseguire un rapido controllo della sua posizione.

A4.3 Il cerchio meridiano di Starke

Per le determinazioni delle distanze zenitali, gli astronomi braidensi usarono prima i quadranti murali e poi il cerchio moltiplicatore di Reichenbach da tre piedi di diametro. Questo strumento fu ritenuto sufficientemente preciso per lungo tempo e quindi fu solo relativamente tardi che venne deciso l'acquisto di un cerchio meridiano, commissionato ufficialmente al costruttore Starke dell'I.R. Politecnico di Vienna nel 1828: i fondi per l'acquisto erano stati stanziati personalmente dall'imperatore austriaco Francesco I, in occasione della sua visita a Milano nel 1825. Lo strumento fu probabilmente terminato nel 1832 e, forse, il costruttore non aveva dimostrato una maggiore celerità nella costruzione perchè i lavori per la preparazione della sala in cui collocare lo strumento procedevano lentamente e conoscevano, a volte, vere e proprie battute d'arresto (vedi par. 2.3 e ms 12, ms 14, ms 15).

Nel 1833 il cerchio arrivò a Milano e gli astronomi si accorsero che durante il viaggio aveva subito danni sensibili: il cerchio alidada, a causa di qualche forte urto, non era più in piano, e di conseguenza neppure più parallelo al cerchio diviso; anche quest'ultimo aveva perso la sua planarità, seppure in misura minore (ms 18). I danni nel trasporto degli strumenti non erano affatto infrequenti, e i costruttori cercavano di evitarli costruendo imballaggi il più possibile solidi e sicuri (e questo aumentava il costo dell'imballaggio). Su consiglio di Starke, Carlini rispedì a Vienna i due cerchi e l'asse orizzontale facendoli accompagnare da un incaricato dell'osservatorio; fu scelto Carlo Kreil, secondo allievo stipendiato, che dovette però rinunciare ufficialmente al pagamento della trasferta e del soggiorno a Vienna: il governo gli concedeva infatti solo il rimborso del viaggio in diligenza. Kreil e le casse arrivarono a Vienna nell'aprile 1834; la riparazione fu eseguita negli ultimi dieci giorni di aprile. Starke e Littrow, il direttore dell'osservatorio di Vienna, scongiurarono



A4.1 Cerchio meridiano di Starke.

a Kreil di far viaggiare le casse dei cerchi con la diligenza, per evitare che potessero essere rovinati un'altra volta durante il viaggio e le operazioni di carico e scarico. Littrow stesso chiese alla Commissione aulica degli studi di accordare il noleggio di una vettura per il rientro a Milano; nel frattempo Kreil doveva rimanere a Vienna. L'attesa di una risposta da parte della Commissione durò cinque mesi. In settembre, preoccupato che l'arrivo della brutta stagione potesse impedire il viaggio di ritorno, Kreil noleggiò una vettura e partì per Milano, senza attendere ulteriormente la decisione della Commissione: il 6 ottobre era finalmente di ritorno. La contrastata missione di Kreil ebbe degli strascichi burocratici, in quanto il governo non intendeva rimborsare l'astronomo delle spese sostenute, ovviamente non previste al momento della stipulazione degli accordi prima della partenza. Kreil, sostenuto da Carlini e da Littrow, dovette difendere più volte le sue giuste rivendicazioni, ricordando come si era svolto il viaggio (ms 2).

Nell'aprile 1835 il governo gli concedeva il rimborso del noleggio della vettura e solo nel giugno 1835 fu accordato il pagamento della diaria per il periodo di tempo eccedente le previsioni, cioè dal 1 maggio al 6 ottobre 1834.

Lo strumento fu collocato sui suoi pilastri nell'ottobre 1834, subito dopo il

suo arrivo da Vienna. Dopo le verifiche iniziali, eseguite da Kreil, il 12 novembre cominciarono le osservazioni regolari, che si protrassero a lungo. Anche Schiaparelli e Celoria usarono il cerchio meridiano di Starke, per compilare un catalogo stellare. L'occasione di questo lavoro era stata data dalla pubblicazione del grande catalogo di Bonn, il *Durchmusterung*, con le osservazioni di Argelander e dei suoi collaboratori, E. Schönfeld e A. Krüger. L'intenzione era quella di ripetere le misure, osservando stelle di magnitudine inferiore a 7.5. Furono eseguite misure di 1119 stelle nella fascia di cielo compresa fra le declinazioni -2° e $+6^\circ$; si sarebbe dovuto proseguire osservando zone di declinazione sempre maggiore fino ad arrivare al polo nord celeste, ma la scarsa precisione e la scomodità nell'uso dello strumento costrinsero ad interrompere il lavoro. La maggior parte delle osservazioni, più di 6000 su un totale di circa 7800, fu eseguita fra il 1860, subito dopo l'arrivo di Schiaparelli, e il 1863; i risultati furono prima pubblicati nelle appendici delle *Effemeridi* e poi raccolti in un'unica pubblicazione nel 1901.

Nella sua struttura lo strumento era uguale a quelli costruiti da Reichenbach per gli osservatori di Königsberg e di Dorpat, con i quali avevano compiuto osservazioni Bessel e Struve; uno strumento simile si trovava all'osservatorio di Padova.

Il telescopio era composto da due tubi cilindrici di ottone che si univano al cubo centrale al quale erano unite anche, perpendicolarmente al telescopio, le due metà dell'asse orizzontale. Inizialmente un contrappeso impediva la flessione della metà del tubo che portava l'obiettivo, poi ne fu aggiunto un altro che agisse sull'altra metà.

L'obiettivo era stato lavorato presso l'officina di Utzschneider e aveva un diametro di circa 10 cm (4 pollici francesi) e una lunghezza focale di circa 162 cm (5 piedi). Non era di altissima qualità: le immagini delle stelle apparivano allungate e gli oggetti più luminosi si vedevano circondati da una aureola di luce diffusa. Permetteva una buona risoluzione, fra 2 e 3 arcsec, ma non era molto luminoso e già stelle di 8 magnitudine erano di difficile visione, mentre stelle più deboli erano praticamente impossibili da osservare. Il reticolo era formato da 5 fili verticali e due orizzontali. Nel 1845 il reticolo era stato spedito a Vienna perchè venissero cambiati tutti i fili; secondo la richiesta di Carlini, i due orizzontali, di tela di ragno come quelli verticali, furono sostituiti con fili d'argento. L'asse orizzontale era costituito da due tronchi di cono, per prevenire le flessioni, con la base maggiore su un lato del cubo centrale. Ad ogni estremità dell'asse c'era un cilindro di acciaio inserito in un sostegno del pilastro (Kreil 1835).

Lo strumento aveva un cerchio diviso di un metro circa di diametro (tre piedi); alla stessa estremità, verso l'esterno, si trovava il cerchio alidada con 4 nonii, ciascuno dei quali permetteva una lettura minima di $2''$. Nonostante la riparazione eseguita da Starke, i cerchi non erano tornati perfettamente piani e perpendicolari all'asse, e questo introduceva delle difficoltà nella lettura

delle divisioni; inoltre i nonii non erano posti nelle posizioni più comode per l'osservatore.

Il cerchio alidada era attraversato dall'asse di rotazione e appoggiava su questo tramite un anello. Dato che non doveva ruotare insieme al telescopio, era fissato al pilastro da un braccio metallico. I movimenti del telescopio producevano comunque piccoli movimenti nell'alidada e nei nonii, introducendo errori variabili nelle letture; inoltre Schiaparelli rilevò che le deformazioni termiche del cerchio alidada, del braccio metallico e della vite di fissaggio del braccio al pilastro influivano non poco sulle misure. Per valutare gli spostamenti del cerchio alidada vi era una livella a bolla, ad esso appesa, ma ben presto ci si rese conto che la sua costruzione era estremamente scadente e il suo uso molto problematico.

Kreil cambiò la montatura del tubo di vetro della bolla, ma i difetti erano proprio nel tubo di vetro la cui curvatura era irregolare, come fece notare chiaramente Schiaparelli; questo rendeva difficile addirittura misurare il valore in secondi d'arco corrispondente ad una divisione della scala della livella. Questa situazione portò Schiaparelli a non servirsi mai della livella, convinto che le sue indicazioni non avrebbero permesso di correggere le osservazioni e, anzi, avrebbero peggiorato la precisione delle misure (Schiaparelli-Celoria 1901).

L'asse era sostenuto da due contrappesi portati da bracci orizzontali; un altro contrappeso sosteneva il cerchio alidada. L'inversione dello strumento non era agevole, una caratteristica comune agli strumenti di Reichenbach: Schiaparelli scrive che per compiere l'inversione erano necessari circa 45 minuti, e questo rendeva scomodo valutare spesso l'errore di collimazione del telescopio.

In genere Schiaparelli è molto più critico riguardo allo strumento di quanto non sia Kreil, che aveva svolto le verifiche sia al momento della collocazione che in successive occasioni. Questo è abbastanza comprensibile; erano passati circa 30 anni dalla costruzione dello strumento e i metodi costruttivi erano stati perfezionati: dato che il cerchio aveva la stessa struttura degli strumenti di Reichenbach, la sua concezione costruttiva aveva ormai una sessantina d'anni. Le misure dovevano essere adeguate ai livelli di precisione raggiunti dalla ricerca internazionale e questo imponeva a Schiaparelli un lavoro molto più pesante: doveva compiere sei osservazioni per ottenere un grado di precisione che gli strumenti di recente costruzione permettevano di raggiungere con una sola. Kreil aveva calcolato, usando osservazioni della stella polare, che l'errore probabile per una misura era di $0''.70$ (0.047 secondi di tempo) per l'ascensione retta e di $1''.23$ per la declinazione.

Schiaparelli trovò un errore probabile di $0''.93$ per l'ascensione retta (0.062 secondi di tempo) e di $1''.10$ per la declinazione: poichè eseguiva 6 osservazioni per ogni stella l'errore nella posizione diventa $0''.29$ per l'ascensione retta e $0''.44$ per la declinazione. Per migliorare la situazione Schiaparelli inviò nel

Appendice 5. Il metodo della ripetizione (o moltiplicazione) degli angoli

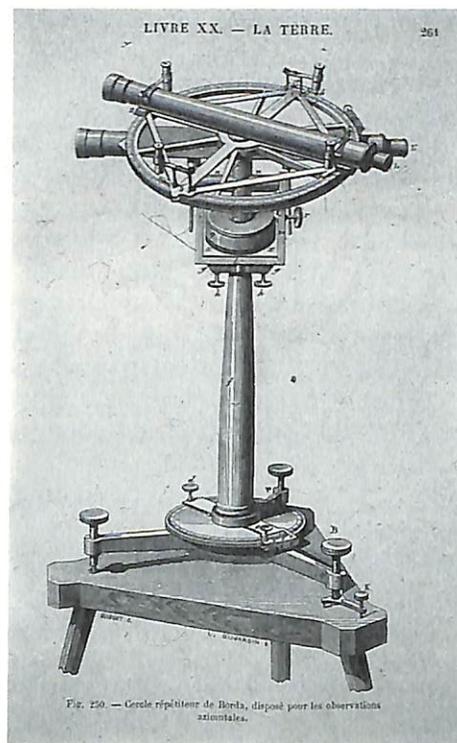
1874 lo strumento alla Filotecnica. Il cerchio alidada fu tolto e sostituito da quattro microscopi micrometrici portati da un supporto in ferro; furono cambiate le ottiche.

Era impossibile collocare un cannocchiale di mira nella sala dello strumento perchè questa aveva un diametro di soli 6 metri e comunque non si poteva renderlo indipendente dalla torre; fu allora costruito un collimatore di 324 m di lunghezza focale che venne posto fuori dalla sala, su un altro fabbricato. Mentre lo strumento era in riparazione furono eseguiti i lavori di ristrutturazione della sala, che permisero di rendere i pilastri dello strumento indipendenti dal pavimento. Nonostante questi miglioramenti il cerchio di Starke non diventò paragonabile a quelli costruiti in quel periodo; in seguito all'arrivo dei telescopi di Merz e allo sviluppo di altri campi di ricerca fu usato sempre di meno.

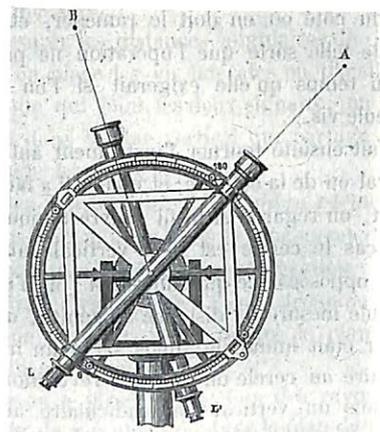
Il metodo fu esposto per la prima volta verso la metà del '700 da Tobias Meyer (1723-1762), ma bisognò attendere una ventina d'anni prima che fosse applicato ad uno strumento. Un primo strumento moltiplicatore fu eseguito dal costruttore parigino E. Lenoir (1744-1832) su progetto di J.C. Borda (1733-1799), un ingegnere geografo francese, da cui il nome a volte usato di "cerchi di Borda". Lenoir costruì per molto tempo cerchi moltiplicatori, ma ben presto altri costruttori cominciarono a produrne, a volte raggiungendo livelli superiori di qualità. Fra questi si distinse Reichenbach, i cui cerchi moltiplicatori, così come altri strumenti di sua produzione, erano richiesti in tutta Europa. I cerchi moltiplicatori usati per le misure geodetiche avevano due cannocchiali, che ruotavano indipendentemente l'uno dall'altro, mentre quelli usati esclusivamente per misure astronomiche avevano un solo cannocchiale: anche con i precedenti si potevano eseguire misure astronomiche, ma in questo caso solo uno dei cannocchiali veniva utilizzato, come vedremo fra poco.

Il metodo della moltiplicazione degli angoli consiste nel ripetere molte volte la misura dello stesso angolo senza riportarsi ogni volta allo zero di partenza,

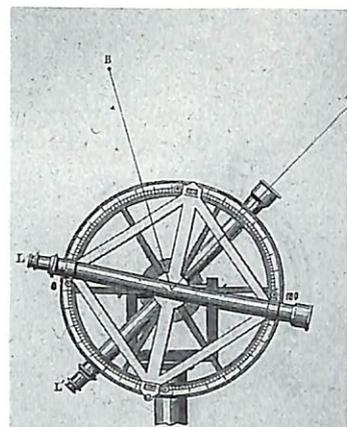
ma usando come punto di inizio di ogni misura il punto finale della misura precedente; si divide poi l'angolo complessivo misurato per il numero totale delle ripetizioni. In questo modo, si pensava, non è estremamente importante avere una divisione molto fine sul lembo graduato: infatti, se la lettura minima ai nonii è di 10" dopo 10 ripetizioni si comincia ad apprezzare il secondo d'arco. Inoltre diminuisce l'errore complessivo, perchè si divide per il numero delle ripetizioni anche l'errore della lettura. Per realizzare questa procedura sia il cerchio con le divisioni (per brevità: cerchio diviso) che l'alidada, a cui è fissato il telescopio, devono poter ruotare indipendentemente l'uno dall'altro attorno ad un centro di rotazione comune: il cerchio diviso può essere fissato in una determinata posizione grazie ad una ganascia a vite attaccata al sostegno dello strumento, mentre un'altra ganascia a vite permette di fissare l'alidada al cerchio diviso.



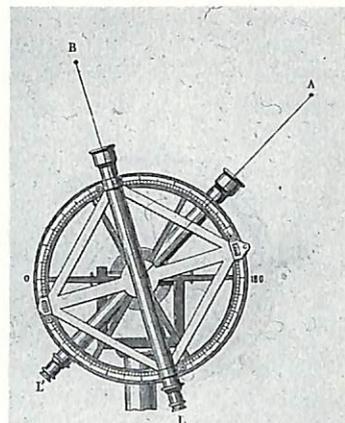
A5.1 Cerchio moltiplicatore, costruito da Lenoir.



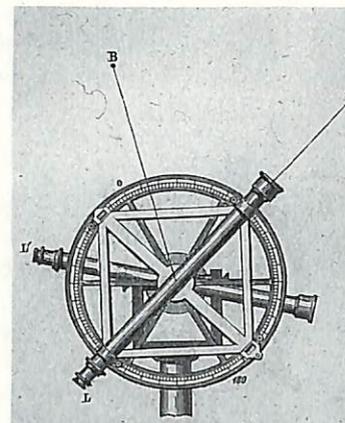
Première position des lunettes du cercle répéteur pour la mesure d'une distance angulaire.



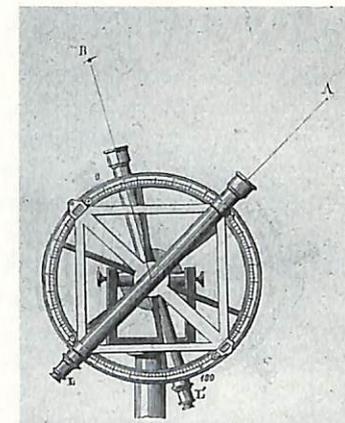
Deuxième position des lunettes du cercle répéteur pour la mesure d'une distance angulaire.



Troisième position des lunettes du cercle répéteur pour la mesure d'une distance angulaire.



Quatrième position des lunettes du cercle répéteur pour la mesure d'une distance angulaire.

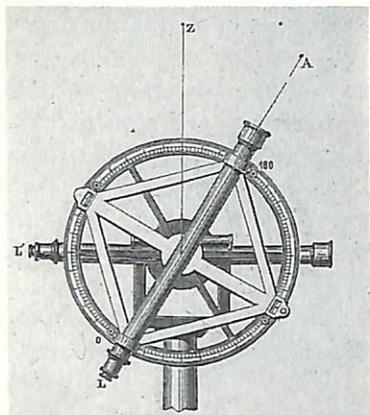


Cinquième position des lunettes du cercle répéteur pour la mesure d'une distance angulaire.

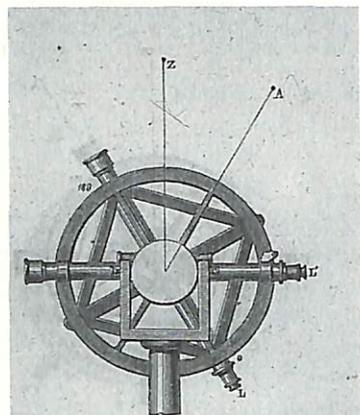
A5.2 Uso del cerchio moltiplicatore per misure geodetiche.

Supponiamo di voler eseguire la misura dell'angolo compreso fra due punti generici A e B utilizzando un cerchio moltiplicatore a due cannocchiali (vedi figura: il cannocchiale L è solidale all'alidada, che porta i nonii di lettura, mentre il cannocchiale L' ruota in modo indipendente, ed entrambi possono essere fissati con ganasce al cerchio diviso). Per comodità, prima si fissa il cannocchiale superiore L al cerchio diviso in modo che uno degli indici dell'alidada si trovi sullo 0. Ruotando il cerchio diviso si punta quindi L su A. Si punta il cannocchiale inferiore L' verso B. Dopo aver fissato i cannocchiali nelle posizioni raggiunte, si ruota tutto il cerchio fino a dirigere L' su A, e si blocca il cerchio diviso in questa posizione. Si sblocca l'alidada con il cannocchiale L e la si ruota fino a puntare L su B. Nella rotazione l'indice dell'alidada percorre sul lembo graduato un angolo pari al doppio dell'angolo fra i due punti. Si fissano i cannocchiali e si ruota tutto il cerchio fino a puntare L su A, poi si sblocca L' e lo si punta su B: la disposizione è uguale a quella iniziale, ma ora l'indice non è più sulla divisione 0 del cerchio diviso e indica il doppio dell'angolo fra i punti. Non si esegue però la lettura, ma si ripete la stessa procedura. Si ruota tutto il cerchio in modo da puntare L' su A, poi si sblocca l'alidada e la si ruota fino a puntare L su B: a questo punto l'indice segna un angolo pari al triplo di quello fra i due punti. Si procede in questo modo fino a raggiungere il numero di moltiplicazioni voluto, che poteva essere 10, 20 o 100, poi si divide per il numero di ripetizioni l'angolo compreso fra la prima divisione letta e l'ultima: questo è l'angolo cercato. Per misurare la distanza zenitale di una stella si seguiva una procedura simile; in questo caso il secondo cannocchiale veniva puntato su un oggetto di

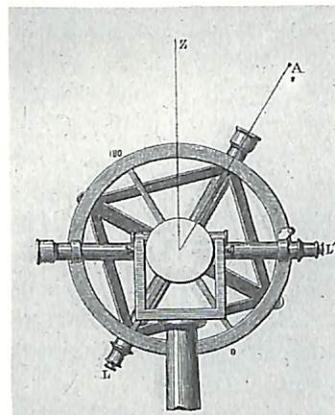
riferimento in modo da controllare la posizione del cerchio diviso; nei cerchi moltiplicatori di uso esclusivamente astronomico c'era un solo cannocchiale e la posizione veniva verificata con livelle a bolla. Per eseguire la misura (vedi figura, Z indica lo zenit e la distanza zenitale è l'angolo fra A e Z) si dispone verticalmente il cerchio e si punta la stella A, tenendo fissa la posizione del cerchio diviso; si fissa al cerchio diviso l'alidada e si legge la divisione indicata. Si ruota quindi lo strumento di 180° attorno alla verticale, si sblocca l'alidada e la si ruota fino a puntare di nuovo il telescopio L sulla stella: a questo punto leggendo la divisione corrispondente e sottraendo la prima lettura si otterrebbe il doppio della distanza zenitale della stella (nella figura si è disposto inizialmente l'alidada in modo da avere un indice sullo zero, quindi alla fine di questa prima parte di misura sarebbe sufficiente leggere la divisione indicata). Per applicare il metodo della moltiplicazione non si esegue però la lettura, ma si prosegue nelle operazioni. Bloccato il cerchio alidada, si ruota lo strumento di 180° attorno alla verticale, si sblocca il cerchio diviso e lo si ruota fino a puntare nuovamente L verso la stella: ora, bloccando il cerchio diviso, ci si trova nelle condizioni iniziali, solo che la divisione di partenza, lo "zero", è la divisione finale dell'osservazione precedente. Si ripete allora la procedura precedente per il numero di volte voluto; ad ogni giro completo dello strumento si aggiunge all'arco totale il doppio della distanza zenitale della stella. Alla fine dell'ultima osservazione si legge la divisione corrispondente. Sottraendo da questo valore la prima misura (tenuto conto degli eventuali giri completi eseguiti dal cerchio diviso) si ottiene l'arco che va diviso per il numero di ripetizioni eseguite.



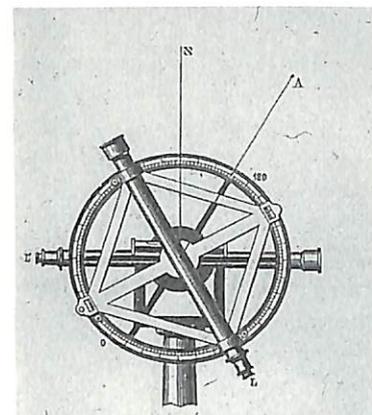
— Première position du cercle répéteur pour la détermination d'une distance zénithale.



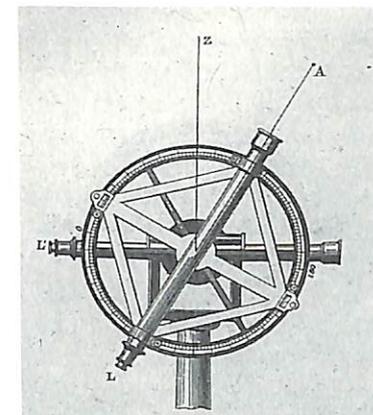
— Deuxième position du cercle répéteur pour la détermination d'une distance zénithale.



— Troisième position du cercle répéteur permettant une distance zénithale double de la distance cherchée.



— Quatrième position du cercle répéteur pour la détermination d'une distance zénithale.



— Cinquième position du cercle répéteur pour la détermination d'une distance zénithale.

A5.3 Uso del circolo moltiplicatore per misure esclusivamente astronomiche.

Il metodo consente in teoria di raggiungere la precisione più alta. Nella pratica, come ci si rese conto dopo aver usato questi strumenti per qualche

tempo, vi erano errori sistematici dall'andamento complesso, che precludevano il raggiungimento della precisione aspettata (Miotto 1988).

Appendice 6. Le misure con il pendolo semplice

È noto che il periodo di oscillazione di un pendolo geometrico che oscilla liberamente è legato alla lunghezza del pendolo e alla accelerazione di gravità: si può così usare un pendolo per ricavare informazioni sull'attrazione gravitazionale in un particolare luogo. Inizialmente questo tipo di misura era servita proprio per verificare la legge di gravitazione universale: le osservazioni venivano eseguite al livello del mare e su una montagna per vedere se l'accelerazione di gravità diminuiva come previsto da Newton. Le prime esperienze erano state eseguite da Bouguer sulle Ande in Perù (ora Ecuador) nel corso della missione svoltasi fra il 1735 e il 1743 per la misura di un arco di meridiano e di parallelo all'equatore; i risultati avevano confermato le previsioni teoriche. Si poteva, con lo stesso metodo e ipotizzando una densità costante della Terra, ricavare la lunghezza del raggio terrestre, affiancando con questo i metodi geodetico-astronomici normalmente usati per la determinazione della forma della Terra.

L'osservazione consiste nel misurare la lunghezza del pendolo che batte il secondo, per il quale, cioè, la metà di una oscillazione completa avviene in un secondo. Un apparato sperimentale più avanzato di quello usato sulle Ande era stato elaborato da Borda; un apparato praticamente identico è descritto da Biot (1844, vol.2, 435-441), che lo aveva usato in numerose misure. Il pendolo era formato da una sfera di platino e da un filo di sospensione in argento: veniva scelto il platino perchè la sua grande densità permetteva di realizzare una sfera massiccia relativamente piccola, diminuendo così gli effetti della resistenza dell'aria. Il filo era unito alla sfera tramite una calotta lavorata all'interno per darle la stessa curvatura della sfera; calotta e sfera restavano attaccate grazie alla pressione dell'aria, con solo un velo di materia grassa nella zona di contatto. Alla sommità il filo era inserito in un coltello di sospensione simile a quello degli orologi, appoggiato su due sostegni molto duri per evitare disturbi nelle oscillazioni libere. Il tempo di oscillazione era valutato accuratamente con un orologio a pendolo posto dietro il pendolo semplice, che veniva scelto di lunghezza tale da battere approssimativamente il secondo. L'orologio era verificato con misure astronomiche; sul suo pendolo veniva posto un segno di riferimento che coincideva con il filo del pendolo semplice quando entrambi erano in posizione di riposo. Poi entrambi venivano fatti oscillare, ed erano osservati con un cannocchiale posto ad una certa distanza (7/8 m). Il filo del pendolo semplice e il riferimento sul pendolo dell'orologio sono sempre coincidenti se i due periodi di oscillazione sono uguali. Se questo non avviene, ad ogni oscillazione il filo si allontana un po' dal riferimento, sopravanzandolo o rimanendo indietro. L'osservazione consisteva nel rilevare all'orologio i tempi delle coincidenze successive fra il filo e il riferimento; per facilitare la misura si faceva coincidere il filo verticale del crocifilo del cannocchiale con la posizione di riposo del pendolo. La lunghezza del pendolo semplice veniva accuratamente misurata e dalla conoscenza dei ritardi o degli anticipi, delle masse e dimensioni di filo e sfera

di platino si ricavava la lunghezza del pendolo geometrico equivalente e con un semiperiodo di un secondo.

Nel calcolo bisognava considerare, oltre agli errori strumentali, anche la resistenza dell'aria. Questo, però, non era semplice perchè il moto di un corpo in un fluido non era stato ancora sufficientemente analizzato. In una Memoria dell'Accademia di Berlino del 1826 Bessel criticò la trattazione newtoniana del fenomeno, proponendo una propria metodica da applicare anche al caso del calcolo della lunghezza del pendolo battente il secondo.

Gabrio Piola difese in una Memoria pubblicata sulle Effemeridi dell'osservatorio la trattazione newtoniana, cercando di articolarla meglio; in una seconda Memoria ribattè alle osservazioni avanzate da Bessel riguardo alla sua Memoria precedente. Sul valore di questo lavoro di Piola possiamo riportare il giudizio dato, molto tempo più tardi, da Schiaparelli: "(Piola) ha ragione quando difende la sua analisi e mostra la formula usata ordinariamente per tener conto della resistenza dell'aria essere incompleta: sebbene in pratica il difetto si confonda cogli errori di osservazione. Ha torto quando pretende di spiegare col nuovo termine da lui aggiunto le differenze fra la teoria e l'osservazione constatate da Bessel; torto marcio quando vuole ad ogni costo che alla teoria di Newton sulla resistenza dei fluidi non si possa più correggere nulla! L'apologia è del resto scritta assai bene e con dignità, senza perdere il rispetto al grande avversario" (ms 43).

Misure sulla lunghezza del pendolo a secondi erano state eseguite in varie occasioni e in località diverse, per esempio lungo l'arco di meridiano, misurato con metodi astronomico-geodetici, che va da Dunkerque a Formentera. Nel 1810 la Commissione dei pesi e delle misure del Regno d'Italia decideva che fossero eseguite anche a Milano, secondo il nuovo sistema metrico decimale. Il compito di costruire l'apparato di misura veniva affidato a Megele, che, già anziano e malato, non riuscì a portarlo a termine. Nel frattempo veniva sciolta la Commissione. Carlini continuò a pensare all'esperimento e all'apparato di misura, che fu infine completato da Grindel. L'occasione per eseguire la prova giunse nel 1821, quando Carlini e Plana ricevettero l'incarico di eseguire osservazioni geodetico-astronomiche in Savoia. Lo strumento fu collocato sul Monte Cenisio, vicino alla stazione che ospitava gli strumenti astronomici.

Carlini aveva apportato varie modifiche al modello usato da Biot. Due erano le più importanti. La misura della lunghezza del filo del pendolo semplice avveniva tramite due microscopi muniti di micrometro filare portati da due pezzi di marmo infissi nello stesso muro del pendolo; in questo modo si evitava di dover rimuovere il pendolo per misurarlo con un'asta graduata, e addirittura non si doveva neppure aprire la cassa che proteggeva il filo dai movimenti dell'aria: bastava infatti tragaruardare con uno dei micrometri il taglio del coltello di sospensione del filo e con l'altro prima il bordo superiore e poi quello inferiore della sfera di platino. Carlini aveva inoltre allontanato

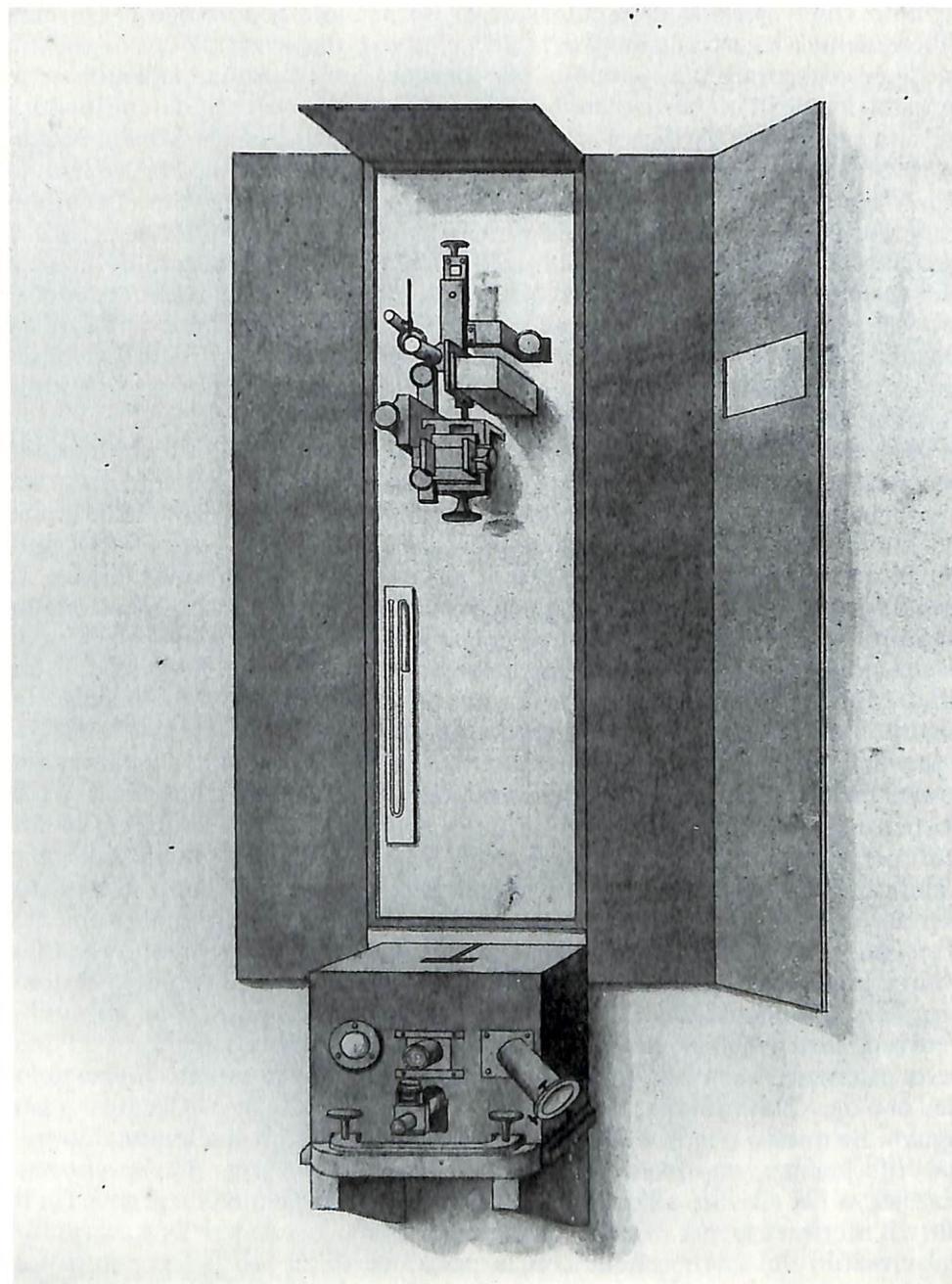
l'orologio a pendolo dal pendolo semplice, per evitare che i due corpi interagissero attraverso la comune lastra di sospensione accoppiando le oscillazioni.

Per osservare le coincidenze l'immagine dell'orologio veniva sovrapposta otticamente a quella del pendolo, usando uno specchio piano per portarla nell'oculare del cannocchiale puntato sul pendolo semplice.

Le misure di Carlini avevano dato per la lunghezza del pendolo a secondi un valore, ridotto al livello del mare, di 993.708 mm, contro un valore medio di 993.498 mm. La differenza era da imputare all'influsso della massa della montagna, che alterava il valore che l'accelerazione di gravità avrebbe dovuto avere in aria alla stessa quota della stazione del Monte Cenisio. Usando la differenza fra i valori è possibile calcolare la densità della Terra, conoscendo il materiale che forma la montagna e la sua distribuzione. L'influsso delle masse delle montagne tende a mascherare la diminuzione dell'accelerazione di gravità all'aumentare della quota.

Fortunatamente, nonostante non avesse considerato questo effetto, Bouguer nelle sue misure sulle Ande aveva trovato ugualmente una diminuzione dell'accelerazione di gravità, mentre, in condizioni diverse, avrebbe potuto ricavare una sua sostanziale uniformità o addirittura un suo aumento: questo forse era accaduto a un certo sig. Coultaud, le cui misure, eseguite ai piedi e a varie altezze del monte Faucigny in Savoia, apparivano comunque tanto accurate da essere elogiate da D'Alembert in un suo opuscolo. Bailly, riflettendo sulla "fortuna" di Bouguer, conclude che "on peut tirer une leçon utile pour les observateurs, et pour les philosophes que osent comparer les effets à leurs causes. Il ne faut pas se presser de condamner celles-ci, quand ceux-là ne sont pas entièrement d'accord avec elles: qui doute que la nature n'ait pas encore, n'aura pas toujours des causes cachées? Elle en a qui détruisent en partie et en secret le résultat de celles qui sont apparentes. Les causes ne doivent être appréciables, jugées que sur l'ensemble des faits expliqués: ceux qui n'ont pu l'être sont des exceptions. Il faut penser que leur explication est réservée à d'autres tems, à des hommes plus heureux; ou que ces causes seront à jamais ensevelies dans le mystère impénétrable, qui est partout le terme de nos recherches"

Poco tempo dopo le misure di Carlini, l'11 novembre 1824, passò da Milano Biot, che insieme al figlio stava compiendo una campagna sistematica di misure della lunghezza del pendolo a secondi per determinare la forma della Terra. Eseguì misure sull'arco di parallelo da Bordeaux a Fiume, poi a Lipari (quindi in una zona vulcanica), a Formentera (il punto più a sud della grande meridiana di Francia) e a Barcellona. Nelle sue misure Biot usò un apparato modificato rispetto al modello precedente.



A6.1 Apparato del pendolo semplice progettato da Carlini.

Appendice 7. Il modello in legno dell'osservatorio

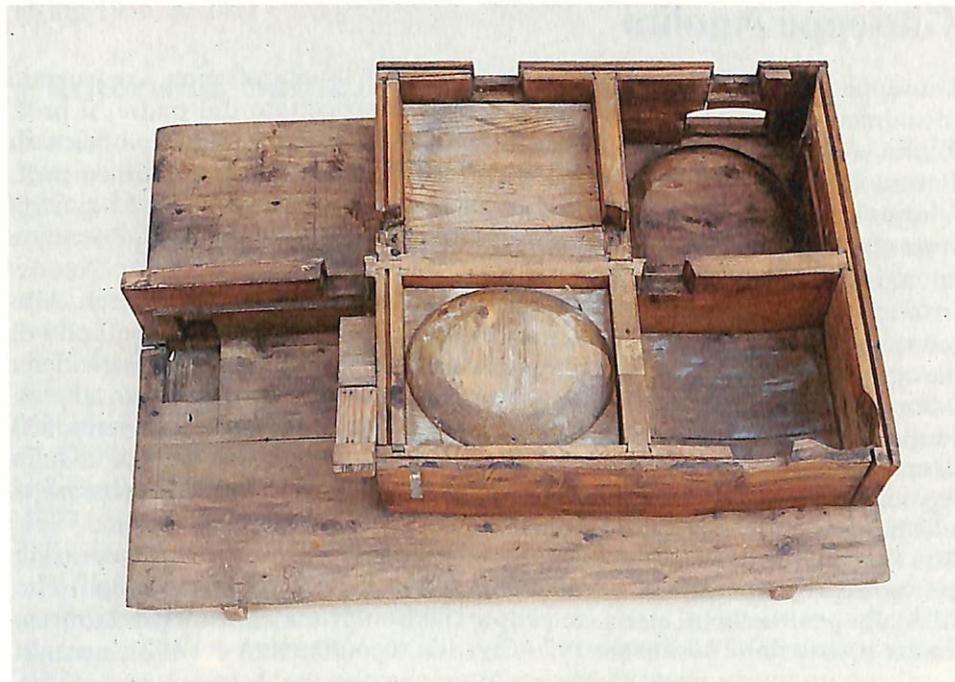
Presso il Museo Nazionale della Scienza e della Tecnica di Milano è conservato un modello in legno dell'osservatorio, riprodotto l'originario progetto di Boscovich del 1764 (cfr Curti-Sutera 1988): non è firmato né datato, ma quasi certamente si tratta del modello fatto costruire dal Boscovich stesso.

Il modello ha una base di 109 x 85 cm ed un'altezza di 105 cm; è realizzato in legno d'abete e di pioppo. Gli incastri fra le varie parti sono realizzati in modo da poter smontare facilmente il modello per osservare anche l'interno. È possibile così eseguire i necessari riscontri con le descrizioni che ci sono rimaste dell'osservatorio (vedi par.1.4).

Il modello riproduce i due piani dell'osservatorio, con la terrazza e le due torrette. La lunga sala dei quadranti, che si trovava verso oriente, è incompleta: mancano le pareti esterne e il tetto, mentre è presente la parete che la separava dalla piccola stanza di ingresso.

Le quattro stanze sottostanti la sala ottagonale rivelano particolari interessanti. Le due verso nord non hanno pavimento, anche se se ne vedono ancora i sostegni; in una il pavimento appoggiava sulla sommità di una cupola, posta all'incrocio di due corridoi a volta del piano inferiore, e nell'altra appoggiava sulla volta di uno dei corridoi. I pavimenti delle due stanze verso sud possono essere sollevati: sotto uno di essi si vede la volta del corridoio sottostante e sul legno della sezione è tracciata la scritta "della Compagnia di Gesù", probabilmente Compagnia di Gesù. Le quattro stanze hanno una finestra ciascuna, così che vi sono due finestre verso sud e due verso nord.

Al secondo piano si trova la sala ottagonale. Al suo interno si vede la colonna che regge il soffitto e la balconata che porta agli ingressi delle due torrette. La scala a chiocciola che permette di raggiungere la balconata è nell'angolo ricavato fra i muri interni ed esterni: verso nord, infatti, i muri esterni seguono la pianta quadrata delle stanze sottostanti, mentre all'interno la sala ha una pianta ottagonale creata con muri interni. I finestroni della sala hanno ringhiere in ferro battuto; a sud-est e sud-ovest ci sono balconcini triangolari creati dalla differenza fra la pianta quadrata delle stanze del primo piano e la pianta ottagonale della sala. Il soffitto della sala mostra quattro aperture con portelli per l'osservazione del cielo presso lo zenit. Le due torrette attraversano il soffitto e sono chiuse da tetti conici con aperture longitudinali coperte da uno sportello. Delle scale esterne poste sui lati nord e est collegano i vari piani dell'osservatorio.



A7.1 Modello in legno dell'osservatorio, eseguito da Boscovich, smontato in modo da mostrare le quattro stanze sottostanti la sala ottagonale.

Giuseppe Agolini

Giuseppe Agolini inaugura a Parma nel 1907 la sua officina, costruendo inizialmente solo un tipo di barometrografo progettato dal padre, il prof. Giulio Antonio. La fabbrica prende il nome di "Premiata Fabbrica di Barometrografi a colonna di mercurio del quondam fisico e chimico prof. Giulio Antonio Agolini", e ha sede a Parma in via M.D'Azeglio, 55 e in via Bosazza, 8bis (dall'intestazione della fabbrica scomparirà più tardi il termine 'quondam').

In seguito comincia a costruire barografi altimetrici e termometri. Allo scoppio della 1ª guerra mondiale aumenta improvvisamente la domanda di barografi altimetrici e segnalatori termici per gli aerei, e l'attività della fabbrica cresce rapidamente: il personale passa da tre o quattro ad una cinquantina di meccanici, mentre la produzione aumenta fino a circa 500 strumenti al mese. La fabbrica viene militarizzata il 27 aprile 1917. Dalla Agolini acquista non solo l'aeronautica italiana, ma anche quella di altri paesi alleati, e persino l'aviazione americana.

Alla fine della guerra la produzione è parzialmente riconvertita a scopi civili (barografi, igrometri, anemometri, termometri clinici ed industriali). Le difficoltà post-belliche, però, ne provocano una prima chiusura: la fabbrica rimase chiusa dal 27 febbraio 1920 fino alla seconda metà del 1921, quando riaprì con un nuovo nome, "Officine Micromeccaniche Agolini", e un nuovo indirizzo, via Palestro, 4.

(Bertarelli 1919)

Andreas Akerman (1723?-1778)

Incisore svedese di carte geografiche e globi, sia terrestri che celesti.

Ha pubblicato, tra gli altri: *Atlas juvenilis*, Uppsala, 1789?, *Atlas hydrografica*, 1768.

(Lister 1965)

Gioachino Alberti

Costruttore milanese. Nel 1822 fu insignito della medaglia d'oro nella distribuzione dei premi d'industria. I suoi prodotti non devono essersi diffusi oltre un ambito locale; il suo nome non compare in elenchi di costruttori di orologi quali quello di Baillie (1947) o di Morpurgo (1950).

Carl Bamberg (1847-1892)

Fu apprendista di C. Zeiss, di E. Abbe e lavorò presso Pistor e Martins, prima di aprire un suo laboratorio a Berlino nel 1871. Costruì strumenti di geodesia

e astronomia di buona qualità.

Dopo la sua morte la fabbrica fu diretta prima dalla moglie, poi dal figlio Paul, aiutato da Th. Ludewig in qualità di direttore tecnico. La fabbrica si ingrandì dopo il 1919 con l'acquisto di altre aziende produttrici di strumenti: nel 1919 la Otto Töpfer und Sohn, nel 1922 la Hermann Wanschaff, nel 1923 la Hans Heele. Nel frattempo, nel 1921, la "Carl Bamberg Friedenau" si univa alla "Centralwerkstätte Dessau", cambiando denominazione in "Askania Werke AG".

(Brachner 1985)

Canivet (...-1774)

Era il nipote e successore di Langlois; la morte di questi lasciò vacante il posto di "ingénieur de l'Académie de France" che gli venne assegnato nel 1756. La sua officina si trovava al quai de l'Horloge, sotto l'insegna "A la Sphere": questa dicitura si ritrova su tutti i suoi strumenti (anche un altro costruttore, Lennel, aveva la stessa insegna, ma non si tratta della stessa officina).

Canivet costruì vari strumenti di misura, livelli, grafometri, compassi a verga, tese campioni, ma è importante soprattutto per i suoi strumenti astronomici, quadranti, settori, eliometri, strumenti dei passaggi, macchine parallattiche. Era il solo costruttore francese del periodo a costruire quadranti murali di grande raggio.

(Daumas 1953, pp. 343-344)

Vincenzo Maria Coronelli (1650-1718)

Veneziano, Frate minorita, si occupò sin da giovane di cartografia. La bellezza dei suoi primi due globi, costruiti nel 1678 per il duca di Parma, fu notata dall'ambasciatore francese ed egli fu invitato a Parigi, dove soggiornò dal 1681 per un paio d'anni. In questo periodo costruì per Luigi XIV due globi, uno celeste e uno terrestre, di 3.9 m di diametro, dal disegno estremamente elaborato, rimasti fino agli anni 1920 i più grandi del mondo; i globi sono ora conservati a Versailles. Tornato a Venezia Coronelli fondò la Accademia Cosmografica degli Argonauti, la prima società geografica, e fu nominato Cosmografo della Repubblica Veneta. La fama della sua abilità si era diffusa in tutta Europa, ed egli lavorò in numerosi paesi; dal 1705, però, si stabilì definitivamente a Venezia presso il proprio convento, compiendo solo un ultimo viaggio a Vienna, dove era stato chiamato dall'imperatore. Coronelli disegnò centinaia di carte geografiche, pubblicate anche in atlanti: le due opere maggiori sono l'Atlante veneto, pubblicato a Venezia nel 1691, e l'Isolario, pubblicato nel 1696-1698. Pubblicò anche i primi sette volumi della prima enciclopedia ordinata alfabeticamente, la Biblioteca universale sacro-profana, il cui progetto comprendeva 45 volumi. La sua fama è legata

soprattutto ai suoi globi, sia celesti che terrestri, dal disegno preciso, ricchi di informazioni ma anche esteticamente rilevanti.

(Dictio. Sci. Biog.)

Dollond

L'officina fu fondata da John Dollond (1706-1761), che per primo iniziò la fabbricazione commerciale di obiettivi acromatici. Il suo primo telescopio acromatico, di 5 piedi di fuoco, fu presentato da Short alla Royal Society l'8 giugno 1758; per il suo lavoro ricevette la medaglia Copley, la più alta onorificenza scientifica dell'epoca istituita nel 1736 dalla Royal Society usando un lascito di Sir Godfrey Copley, e fu ammesso alla Royal Society. Gli obiettivi acromatici erano composti da due lenti di vetri diversi, il crown (abbastanza comune) e il flint (con indice di rifrazione maggiore), di produzione molto più difficile. Questo veniva prodotto, e in piccole quantità, solo dai vetrai inglesi che, in una situazione di monopolio, rifornivano con i pezzi migliori i costruttori inglesi, vendendo ai costruttori del continente solo pezzi di scarto, con notevoli imperfezioni. Solo all'inizio dell'800 si comincerà anche in Francia e in Germania ad ottenere buoni vetri flint.

La notorietà aiutò Dollond sul piano della costruzione degli strumenti: per un lungo periodo poté infatti scegliere per primo presso i vetrai i pezzi di vetro flint, così da ottenere i migliori. John Dollond brevettò il processo di costruzione dei suoi obiettivi, ma non si dimostrò troppo accanito contro i costruttori che ben presto lo imitarono. Il primogenito Peter (1730-1821) intenterà invece causa a quei fabbricanti, vincendola e ottenendo dei risarcimenti, per pagare i quali alcuni dei suoi oppositori si troveranno in difficoltà finanziarie. Nel corso del processo, però, furono chiariti i debiti teorico-pratici che John Dollond aveva nei confronti di altri studiosi di ottica o produttori di strumenti ottici. Al termine del periodo di validità del brevetto, nel 1774, il prezzo dei telescopi si ridusse quasi della metà.

L'attività di John Dollond fu continuata dai figli, Peter e John (che morirà nel 1804). Dopo il 1766 la fabbrica si ingrandì e la produzione diventò quasi di serie, con qualche scadimento nella qualità degli strumenti meno importanti. (Daumas 1953, pp. 315-316)

Ertel

G. Ertel fondò nel 1814 una fabbrica con Reichenbach, che aveva lasciato la società con Utzschneider e Fraunhofer, e fu nei fatti il suo successore, continuando con i suoi metodi costruttivi. Costruì, fra gli altri, il circolo verticale di Pulkowo, il telescopio meridiano da 9 pollici per lo "U.S. Naval Observatory" di Washington e i cerchi meridiani per gli osservatori di Christiania (oggi Oslo), Glasgow, Markree e Varsavia.

(King 1955, p. 242)

Filotecnica Salmoiraghi

La fabbrica viene fondata a Milano nel 1864 da Ignazio Porro (1801-1875) con il nome di Filotecnica. Porro era un abile costruttore e inventore, a volte in anticipo sui tempi, di strumenti di ottica e geodesia. Ideò, per esempio, il cannocchiale anallattico, un sistema di lenti a focale variabile (oggi noto come zoom), una disposizione di prismi per il raddrizzamento delle immagini nei cannocchiali e nei binocoli, nota come "veicolo del Porro", che gli permise di renderli più compatti e maneggevoli; inoltre realizzò livelle, teodoliti, tacheometri, cannocchiali distanziometrici.

Dopo aver soggiornato e lavorato in Piemonte, a Parigi e a Firenze, Porro si stabilisce a Milano, insegnando al Politecnico, di recentissima costituzione. Qui ha come allievo il giovane ing. Angelo Salmoiraghi, che in seguito lo aiuta validamente nella conduzione della fabbrica; nel 1871 ne diviene socio e nel 1877 acquista la fabbrica. Con Salmoiraghi la ditta si espande: nel 1890 vi lavorano circa 150 operai e la fabbrica si estende su una superficie di 1500 metri quadrati. Il suo catalogo comprende più di 300 pezzi, fra cui si trovano strumenti astronomici, cannocchiali, strumenti per la geodesia, la topografia, la navigazione e il disegno: gli strumenti prodotti sono di ottima qualità e ottengono numerosi successi alle esposizioni universali.

La ditta Salmoiraghi esiste ancora oggi, ma dalla metà degli anni '70 ha cessato la produzione di strumenti, mantenendo solo una rete di distribuzione commerciale.

(Brenni-Misiti 1986)

Grindel

Carlo Grindel (c.1780-1854) divenne meccanico della specola nel 1816 alla morte di Megele, dopo essere entrato come suo allievo nel 1808. Meno abile di Megele, realizzò per la specola orologi astronomici e apparati per misure magnetiche. Anche i suoi due figli impararono a costruire strumenti scientifici lavorando presso la specola di Brera.

Il maggiore, Francesco (1816-1859), si perfezionò per due anni a Praga e a Vienna, e fu nominato supplente alla morte del padre, che -malato agli occhi-aveva in pratica sostituito dal 1847; in seguito (nel 1856) vinse il concorso per il posto di meccanico della specola. Francesco Grindel doveva però morire dopo poco tempo. Al suo posto venne allora chiamato Carlo Dell'Acqua, che nel precedente concorso si era classificato al secondo posto.

(ms 13; ms 14; ms 15; ms 16)

Josef Jüttner (1775-1848)

Costruttore tedesco, indicato a volte anche con il nome di Juettner. Produsse globi celesti e terrestri, sfere armillari, e strumenti scientifici. Si avvale dell'opera di vari incisori; il disegno del globo esposto fu inciso su rame da Bernhard Bitter e Johann David, il Vecchio (1796-1846): quest'ultimo era un cartografo e litografo austriaco piuttosto apprezzato, che realizzò carte anche per il Neuester universal-atlas edito a Filadelfia nel 1830-1840 da Joseph Meyer (1796-1856). (Lister 1965)

Giuseppe Megele (1740-1816)

Giuseppe Megele studiò ottica e meccanica a Vienna con padre Liesganig. Divenne il primo meccanico della Specola di Brera nel 1773, e mantenne l'incarico fino al 1816, data della sua morte, con una interruzione, dal marzo 1792 al marzo 1794: durante questo periodo si recò a Vienna (marzo 1792-settembre 1793), con l'incarico di macchinista aulico (sposandosi nel corso del soggiorno). Durante la sua assenza fu sostituito da Cristoforo Scalvino che, dopo il suo ritorno, rimarrà per qualche tempo come assistente. Alla base della partenza per Vienna c'erano stati dei contrasti con gli astronomi dell'osservatorio sull'uso dei materiali del laboratorio e sul tempo dedicato da Megele ai lavori per la specola, anche se i compiti del macchinista erano stati rigorosamente definiti al momento del conferimento dell'incarico e rimarranno sempre gli stessi per lungo tempo.

Megele era un abile costruttore e, nonostante i contrasti, gli astronomi ne riconoscevano la bravura. Costruì per la specola, fra gli altri, una macchina parallattica, uno strumento dei passaggi e alcuni orologi a pendolo, oltre agli strumenti in mostra. Studiò anche la costruzione di una macchina per dividere, per la quale ebbe dal governo alcuni sussidi straordinari. (ms 7; ms 8; ms 27; Corrispondenza Piazzari-Oriani: p. 18)

Mégnié

Esistevano probabilmente almeno due Mégnié che gestivano l'officina a Parigi. Uno di essi, forse di nome Pierre, si distinse soprattutto nella costruzione di strumenti astronomici ottenendo dei riconoscimenti pubblici: nel 1779 ricevette la metà di un premio di 2400 lire messo in palio nel 1774 dalla Académie des Sciences costruendo un quarto di cerchio di 3 piedi di raggio, completo di tutti gli accessori. Con questo lavoro concorrevano anche al titolo di Ingénieur en instruments de mathématiques de l'Académie, rimasto vacante in seguito alla morte di Canivet; non vinse il posto, ma il suo strumento fu molto apprezzato, tanto da ricevere anche le 2600 lire di uno dei

premi Monthyon. In seguito il quadrante fu acquistato da Cagnoli per il suo osservatorio a Verona.

Nel 1785 divenne responsabile dell'atelier fatto costruire da Cassini IV presso l'osservatorio di Parigi. Il progetto complessivo di Cassini era di rivitalizzare e migliorare l'attività dei costruttori francesi, inferiore a quella inglese; in particolare intendeva costruire un quarto di cerchio di 7 piedi e mezzo fondendo l'armatura in un solo pezzo, un progetto ardito che era stato rifiutato da altri costruttori.

Alla metà del 1786 tutto era pronto per cominciare l'opera, ma questa non doveva realizzarsi. Nell'ottobre Mégnié, in difficoltà finanziarie, abbandonava Parigi recandosi a Madrid, dove aveva accettato un incarico del governo spagnolo; forse nella fuga portò con sé quanto era rimasto (5000 lire) della somma anticipatagli da Cassini per i lavori. Nonostante questi avvenimenti, continuerà a godere della stima di molti, per esempio di Lalande. Mégnié tornerà in Francia solo nel 1793, probabilmente a causa della guerra fra Francia e Spagna.

Nel frattempo, a Parigi, un Mégnié che si firmava Mégnié le Jeune, probabilmente Pierre Bernard (c. 1751-1807), continuava a produrre strumenti. Si tratta di bilance e di strumenti per studi di chimica; costruì molti degli strumenti usati da Lavoisier. (Daumas 1953, pp. 358-363)

Merz

Georg Merz (1793-1867), appena quindicenne, aveva cominciato a lavorare come allievo di Fraunhofer a Monaco, e nel corso del tempo aveva imparato tutte le procedure necessarie alla costruzione degli obiettivi. Alla morte di Fraunhofer (avvenuta il 7 giugno 1826) Utzschneider, il socio di Fraunhofer nella proprietà della fabbrica, si fece assistere da Merz nella direzione e nel 1832 lo nominò direttore. Nel 1839 Utzschneider muore e Merz acquista la fabbrica, insieme a Joseph Mahler. Anche i due figli di Merz, Sigmund e Ludwig (1817-1860), entrarono nella fabbrica, e alla morte di Georg Merz l'attività fu proseguita prima da Sigmund e poi dal cugino Jacob. La fabbrica fu ceduta nel 1903 a Paul Zschokke, in precedenza direttore di Steinheil. Sostanzialmente Merz proseguì la tradizione di Fraunhofer, di cui non possedeva però le doti teoriche; mantenne gli stessi progetti per gli obiettivi e apportò dei miglioramenti alla parte meccanica degli strumenti, che furono sempre di qualità. (Brachner 1985)

Moritz Meyerstein (1808-1882)

Apprendista presso Reichenbach e Ertel, divenne il macchinista dell'università

di Gottinga. Produsse strumenti di fisica; fu il meccanico di Gauss e costruì la quasi totalità degli apparati per le misure di declinazione magnetica usati nell'ambito del progetto internazionale di Gauss: costruì, per esempio, quelli di Friburgo, Halle, Monaco, Den Haag, Bonn, Uppsala, Dublino e Greenwich. Rifornì di sbarre magnetizzate altri costruttori, per esempio Steinheil che pure realizzò apparati per misure magnetiche. (Poggendorf 1863)

Giuseppe Poggiali

Specializzatosi in Inghilterra, lavorò a Firenze, inizialmente presso l'osservatorio astronomico di G.B. Amici, di cui fu stretto collaboratore, e successivamente in una sua officina. Costruì strumenti ottici, modelli di macchine, strumenti geodetici e topografici. Fu tra i fondatori dell'Officina Galileo di Firenze, di cui fu capotecnico. Nel 1860 costruì la macchinetta dinamoelettrica ad anello di Pacinotti. (Brenni-Misiti 1986)

Jesse Ramsden (1735 - 1800)

Fu probabilmente il miglior costruttore di strumenti scientifici del XVIII secolo, conosciuto in tutta Europa. Aveva aperto la sua officina nel 1762 in "Haymarket", trasferendosi al "199 Piccadilly" nel 1775, una volta affermatosi. Costruì strumenti geodetici, micrometri, strumenti per la navigazione, bilance, barometri, oltre a vari altri strumenti per i laboratori di fisica, e tutti di ottima qualità; realizzò la montatura parallattica, migliorando così le montature portatili di Short. Produsse cerchi graduati di grandi dimensioni estremamente precisi; suoi sono il teodolite con cerchio da tre piedi di diametro costruito per William Roy, impegnato nella triangolazione per unire le reti d'Inghilterra e di Francia, e il grande strumento altazimutale con cerchio verticale di 5 piedi di diametro costruito per Piazzi, direttore dell'osservatorio di Palermo. I suoi strumenti astronomici univano alla precisione dei cerchi graduati la qualità delle ottiche: Ramsden poté costruire obiettivi acromatici usufruendo del brevetto di Dollond, una partecipazione dovuta al matrimonio con la sorella minore di questi. Ramsden era oberato di richieste e perennemente in ritardo nella consegna degli strumenti, nonostante che nell'officina lavorassero circa sessanta persone. Roy dovette aspettare ben tre anni prima di ricevere il suo teodolite, mentre lo strumento di Piazzi fu terminato con un solo anno di ritardo perchè Piazzi stesso si recò a Londra per pungolare il costruttore.

Ramsden realizzò nel 1775 la prima macchina per dividere utilizzabile effettivamente per tracciare divisioni precise sui lembi di cerchi di piccolo diametro. Per questa invenzione, che costituì un grande progresso nella

meccanica di precisione, ricevette una donazione dai Commissari del "Board of Longitude" nel 1777. Fu eletto membro della Royal Society nel 1786, e nel 1794 della Accademia Imperiale di San Pietroburgo. Nel 1795 gli fu assegnata la Copley Medal, uno dei più prestigiosi riconoscimenti dell'epoca. (Dictio. Sci. Biog.)

Georg Friedrich von Reichenbach (1771 - 1826)

Uno dei maggiori costruttori del XIX secolo, introdusse numerose innovazioni nella meccanica di precisione e fondò un'officina che doveva produrre alcuni dei migliori strumenti dell'epoca. Dopo aver progettato e realizzato nel 1800 una macchina per la divisione dei lembi graduati superiore a quella di Ramsden, la migliore allora esistente, si associò con J. Liebherr, un costruttore di orologi che possedeva già una piccola officina. Grazie all'ingresso nella società di Utzschneider, un imprenditore bavarese, il laboratorio si espanse, diventando nel 1804 il "Mathematisch-Mechanisches Institut von Reichenbach, Utzschneider und Liebherr", con sede a Monaco.

Gli strumenti prodotti, per l'astronomia e la geodesia, avevano divisioni di grande precisione e finezza, ed erano realizzati con estrema cura per quel che riguardava la parte meccanica: questo si doveva anche agli studi di ingegneria compiuti da Reichenbach in Inghilterra e all'esperienza fatta come ufficiale ingegnere dell'esercito bavarese nel campo della fusione di cannoni. Anche la parte ottica degli strumenti raggiunse un'altissima qualità con l'ingresso nell'officina, avvenuto nel 1806, di un giovane ottico, Joseph Fraunhofer (1787-1826), che doveva diventare uno dei più importanti studiosi di ottica del tempo. Nel 1809 Reichenbach, Utzschneider e Fraunhofer fondarono un nuovo istituto dedicato esclusivamente all'ottica che si affiancò al precedente. Nel 1814 lasciò l'istituto per costituire una sua fabbrica, in società con un giovane costruttore, G. Ertel. Abbandonò definitivamente nel 1820 la costruzione di strumenti scientifici e divenne direttore dell'Ufficio centrale bavarese per le strade e i ponti.

L'attività di Reichenbach non si limitò alla costruzione di strumenti scientifici. Progettò e costruì, risolvendo problemi non comuni per il tempo, le grandi pompe per il condotto di 108 km voluto dal governo bavarese per trasportare dalle zone alpine il sale, sciolto in acqua, estratto dalle miniere di salgemma. La più grande delle pompe, considerata allora la più grande del mondo, permetteva di superare un dislivello di 350 metri, e rimase in funzione dal 1817 al 1958.

(Dictio. Sci. Biog.)

Repsold

La casa costruttrice fu fondata ad Amburgo dopo il 1799 da Johann Georg Repsold (1771-1830), che aveva cominciato la sua carriera come sovrintendente del porto, diventando in seguito comandante dei vigili del fuoco. Repsold costruiva strumenti astronomici e geodetici e la qualità della sua produzione fu molto buona sin dall'inizio: molto probabilmente, egli mise a frutto i rapporti, anche di amicizia, con Johann Caspar Horner (1774-1834) che fino al 1799, quando si trasferì ad Amburgo, fu assistente del barone Zach all'osservatorio di Seeberg presso Gotha. Per esaminare i propri strumenti Repsold eresse nel 1802-1803 un osservatorio privato che, distrutto durante le guerre napoleoniche, fu ricostruito nel 1822. Ebbe numerosi contatti con gli altri costruttori tedeschi, per esempio Reichenbach, Fraunhofer, Breithaupt, di cui visitò le officine; non gradiva molto, invece, i contatti con il "pubblico" e le pubbliche relazioni, evitando anche, nella maggior parte dei casi, di partecipare alle esposizioni. Dopo la sua morte, la direzione della fabbrica fu assunta dai due figli: Georg (1804-1885) e Adolf (1806-1871). Essi costruirono strumenti per gli osservatori astronomici di Amburgo, Pulkowa, Königsberg, Christiania, Oxford, Kasan, Lissabon, Madrid. Anche i figli di Adolf Repsold entrarono nella fabbrica, proseguendo la tradizione familiare. (Brachner 1985)

Jeremiah Sisson

Era il figlio di Jonathan Sisson (1690-1760), che era stato il principale meccanico e collaboratore di George Graham. Negli strumenti costruiti da Jeremiah Sisson, che sono soprattutto strumenti geodetici e astronomici, si ritrovano le caratteristiche di precisione ed eleganza tipiche dei prodotti della officina di Graham e che l'avevano resa così celebre. (Daumas 1953, p. 305-306)

Zeiss

Carl Zeiss (1818-1888) fondò la sua officina a Jena nel 1846, dopo aver lavorato presso costruttori di strumenti di Stuttgart, Darmstadt, Vienna, Berlino. Dal 1866 iniziò la collaborazione con Ernst Abbe, che divenne in seguito partner nella ditta: Abbe era uno studioso di ottica e la collaborazione fra i due costituì una unione di capacità tecniche e teoriche che produsse strumenti di concezione innovativa e di ottima qualità. La fabbrica divenne sempre più importante, continuando ad espandersi anche dopo la morte di Carl Zeiss. (Brachner 1985)

Manoscritti (ms)

sigle usate:

AOB: Archivio storico dell'Osservatorio di Brera

AAV: Archivio Amministrativo Vecchio

AAN: Archivio Amministrativo Nuovo

AA: Archivio Amministrativo

CS: Corrispondenza Scientifica

c.: cartella

f.: fascicolo

- 1) Archivio di Stato di Milano, Studi 46 (inv.AS)
- 2) Archivio di Stato di Milano, Fondo Studi, PM, c.49
- 3) AOB, AAV, c.3, f.7(I):
 - a) 21 gen. 1774, 28 mag. 1774, 11 gen. 1775
 - b) 10 gen. 1780
 - c) 1785
 - d) 3 ott. 1793
- 4) AOB, AAV, c.3, f.7(II):
 - a) 14 feb. 1810; 13 apr. 1810
 - b) 7 mar. 1824; 7 feb. 1825; 23 nov. 1825; 14 gen. 1826
- 5) AOB, AAV, c.8, f.11: apr. 1788
- 6) AOB, AAV, c.9, f.14:
 - a) 8 set. 1780
 - b) 17 nov. 1815 (inv.1815)
- 7) AOB, AAV, c.9, f.18: apr. 1786
- 8) AOB, AAV, c.10, f.24
- 9) AOB, AAV, c.14, f.26
- 10) AOB, AAV, c.20, f.79
- 11) AOB, AAV, c.20, f.82
- 12) AOB, AAV, c.25, f.129
- 13) AOB, AAN, c.27, f.3 (inv.1842)

- 14) AOB, AAN, c.27, f.7
- 15) AOB, AAN, c.31, f.21
- 16) AOB, AAN, c.33, f.41(II)
- 17) AOB, AAN, c.35, f.49
- 18) AOB, AAN, c.39, f.78 19) AOB, AAN, c.39, f.92; in particolare vedi 1846, 27 gennaio: Francesco Carlini, "Del piano di osservazioni contemporanee istituite in vari punti del Globo, e relative al magnetismo terrestre, ed alla meteorologia"; una copia della relazione si trova anche in AOB, Fondo F. Carlini, c.283, f.4
- 20) AOB, AAN, c.41, f.143: F. Carlini: "Notizia della prima fondazione della Specola e de' suoi successivi incrementi", 31 ago. 1841
- 21) AOB, AA, c.46: n.2065
- 22) AOB, AA, c.47: nn.2253, 2256, 2269
- 23) AOB, AA, c.48: nn.2349, 2350
- 24) AOB, AA, c.50: nn.2602, 2603, 2605, 2613
- 25) AOB, AA, c.56: n.750a
- 26) AOB, CS 1790-1792, c.87: 10 set., 30 set., 26 nov., 3 dic., 10 dic. 1790
- 27) AOB, CS 1793-1797, c.88: 29 ago. 1797
- 28) AOB, CS 1798-1799, c.89: 6 mar. 1798
- 29) AOB, CS 1802, c.92: 17 set. 1802
- 30) AOB, CS 1807-1808, c.97: 15 dic. 1807; 21 dic. 1807; 8 set. 1808; 20 dic. 1808
- 31) AOB, CS 1811, c.100:
 a) lettera senza data; (1811); 21 ago. 1811; 26 ago. 1811; 12 set. 1811; (due lettere); 15 dic. 1811
 b) 29 ago. 1811; 4 set. 1811
 c) 4 set. 1811; 28 dic. 1811
- 32) AOB, CS 1857-1860, c.139: 4 dic. 1860
- 33) AOB, CS 1861-1864, c.140: 8 gen. 1861; 5 mag. 1861
- 34) AOB, CS 1865-1866, c.141: 21 feb. 1866; 13 apr. 1866; 28 set. 1866
- 35) AOB, CS 1867, c.142: 15 lug. 1867
- 36) AOB, CS 1875, c.148: 12 apr. 1875
- 37) AOB, CS lug. 1912-giu. 1913, c.190: feb. 1913
- 38) AOB, Fondo Francesco Carlini, c.229, f.1 (inv.1834)
- 39) AOB, Fondo F. Carlini, c.229, f.2 (inv.1837)
- 40) AOB, Fondo F. Carlini, c.229, f.6
- 41) AOB, Fondo Giovanni V. Schiaparelli, c.374, f.3 (inv.1867)
- 42) AOB, Fondo G.V. Schiaparelli, c.374, f.4
- 43) AOB, Fondo G.V. Schiaparelli, c.376, f.1: "Materiali per una Cronaca dell'Osservatorio di Brera raccolti da varie fonti, cominciata il 14 feb. 1888"
- 44) AOB, Fondo G.V. Schiaparelli, c.398
- 45) AOB, Fondo G.V. Schiaparelli, c.399
- 46) AOB, Fondo G.V. Schiaparelli, c.400
- 47) AOB, Fondo G.V. Schiaparelli, c.403, f.1
- 48) Fondo G. Celoria, c.531, f.3
- 49) Fondo G. Celoria, c.537, f.1
- 50) AOB, Fondo Emilio Bianchi, in attesa di riordino, fascicolo "Barografo Agolini"
- 51) AOB, Fondo E. Bianchi, in attesa di riordino, fascicolo "Carl Bamberg Berlino"

52) AOB, Fondo E. Bianchi, in attesa di riordino, fascicolo "Strumenti in conto riparazioni"

53) AOB, Fondo E. Bianchi, in attesa di riordino, fascicolo "Acquisto nuovi strumenti"

54) AOB, Fondo E. Bianchi, in attesa di riordino, fascicolo "Succursale di Brera": 5 apr. 1924; 29 mag. 1924; 23 giu. 1924; 25 giu. 1924

55) AOB, Fondo E. Bianchi, in attesa di riordino, fascicolo "Polemica Salmoiraghi"

56) Fondo E. Bianchi, in attesa di riordino, fascicolo "Telescopio di 1 metro"

57) AOB, inventario 1921

Articoli e testi a stampa

Andoyer-Lambert (1924)

H. Andoyer, A. Lambert, *Astronomie pratique*, (Paris: Librairie Scientifique J. Hermann, 1924, deuxième édition), parte seconda di Faculté des Sciences de Paris, Cours d'astronomie

Baillie (1947)

G.H. Baillie, *Watchmakers and clockmakers of the world*, (London: N.A.G. Press, 1947)

Bell (1922)

Louis Bell, *The telescope*, (New York: Dover Publ., 1981, riedizione inalterata della prima edizione, New York: McGraw-Hill, 1922)

Bertarelli (1919)

E. Bertarelli, "Industrie italiane di precisione: l'Officina Agolini a Parma", *La scienza per tutti*, 1919, 26: 111-115

Bianchi (1824)

Giuseppe Bianchi, "Sopra lo strumento dei passaggi (parte seconda)", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1825*, Appendice, 1824, 51: 97-136

Bianchi (1826)

G. Bianchi, "Sulle variazioni della scala nei livelli a bolla d'aria", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1827*, Appendice, 1826, 53: 88-97

Boscovich (1785)

R.G. Boscovich, *Opera pertinentia ad opticam, et astronomiam*, 5 voll, vol.IV, (Bassano: 1785)

Brachner (1985)

A. Brachner, "German nineteenth-century scientific instrument makers", in P.R. de Clercq (ed.), *Nineteenth-century scientific instruments and their makers*, Papers presented at the Fourth Scientific Instruments Symposium, Amsterdam 23-26 october 1984, (Leiden-Amsterdam: 1985), p.117-157

Brenni-Misiti (1986)

Paolo Brenni, Massimo Misiti, "Costruttori italiani di strumenti scientifici del XIX secolo", *Nuncius*, 1986, 1: 141-184

Buzzetti (1864)

Curzio Buzzetti, "Determinazioni dei valori assoluti degli elementi del magnetismo terrestre fatte in Milano nell'anno 1863", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1865*, Appendice, 1864, 91: 69-113

Capelli (1834)

Giovanni Capelli, "Solstizio d'estate osservato con un circolo moltiplicatore di 18 pollici di diametro", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1835*, Appendice, 1834, 61: 144-145

Carlini (1820)

Francesco Carlini, "Ascensioni rette della stella polare", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1821*, Appendice, 1820, 47: 79-108

Carlini (1824)

F. Carlini, "Considerazioni sulle ineguaglianze a lungo periodo che alterano le epoche della longitudine della Luna", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1825*, Appendice, 1824, 51: 13-80

Carlini (1826)

F. Carlini, "Delle irregolarità che si osservano nei livelli a bolla d'aria", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1827*, Appendice, 1826, 53: 79-87

Carlini (1828)

F. Carlini, "Solstizi osservati con un circolo moltiplicatore di 18 pollici", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1829*, Appendice, 1828, 55: 66-74

Carlini (1830)

F. Carlini, "Distanze dallo zenit della stella polare osservate con un circolo moltiplicatore di 18 pollici di diametro", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1831, Appendice*, 1830, 57: 30-34

Carlini (1835)

F. Carlini, "Solstizi osservati col circolo moltiplicatore di Reichenbach negli anni 1830, 1831, 1832, 1833, 1834, 1835", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1836, Appendice*, 1835, 62: 3-120

Carlini (1836)

F. Carlini, "Esposizione delle operazioni eseguite per assicurare coll'erezione di due piramidi di granito i termini della base trigonometrica della triangolazione in Lombardia", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1837, Appendice*, 1836, 63: 74-75

Cecchini (1929)

G. Cecchini, *Lo spettrografo applicato al Riflettore Zeiss della R. Specola di Merate*, (Milano: Hoepli 'Pubblicazioni del R.Osservatorio Astronomico di Merate', 1929)

Challis (1879)

James Challis, *Lectures on practical astronomy and astronomical instruments*, (Cambridge: Deighton, Bell and Sons, 1879)

Chapman (1976)

Allan Chapman, "Astronomia practica: the principal instruments and their uses at the Royal Observatory", *Vistas in Astronomy*, 1976, 20: 141-156

Chapman (1983)

A. Chapman, "The accuracy of angular measuring instruments used in astronomy between 1500 and 1850", *Journal of the History of Astronomy*, 1983, 14: 133-137

Chauvenet (1891)

William Chauvenet, *A manual of spherical and practical astronomy*. 2 vols, vol.2: Theory and use of astronomical instruments, (New York: Dover Publ., 1960, riedizione inalterata della quinta edizione riveduta e corretta, 1891)

Mc Connell (1980)

Anita McConnell, *Geomagnetic instruments before 1900*, (London: Harriet Wynter, 1980)

Corrispondenza Piazz-Oriani

Corrispondenza astronomica fra Giuseppe Piazz-Oriani e Barnaba Oriani, (Milano: Ulrico Hoepli, 1874)

Crowe (1986)

Michael J. Crowe, *The extraterrestrial life debate 1750-1900*, (Cambridge: Cambridge Univ.Press, 1986)

Cunningham (1988)

Clifford Cunningham, "The Baron and his Celestial Police", *Sky & Telescope*, 1988: 271-272

Curti-Sutera (1988)

O. Curti, S. Sutera, "Notes on an original model of the Brera Observatory, constructed according to Boscovich's design of 1764", *Atti del Convegno "Bicentennial commemoration of R.Boscovich"*, Milan, September 15-18, 1987 (Milano: UNICOPLI, 1988)

Danjon-Couder (1935)

Andrè Danjon, Andrè Couder, *Lunettes et télescopes*, (Paris: Blanchard, 1983, riedizione inalterata dell'originale, 1935)

Daumas (1953)

Maurice Daumas, *Les instruments scientifiques aux XVIIe et XVIIIe siècle*, (Paris: Presse univ. de France, 1953)

De Cesaris (1779)

Angelo De Cesaris, "De aedificio et machinis Speculae Astronomicae Mediolanensis", *Ephemerides Astronomicae Anni intercalaris 1780, 1779*, 6: 273-316

De Cesaris (1791)

A. De Cesaris, "De quadrante murale", *Ephemerides Astronomicae Anni 1792, Appendix*, 1791, 18: 73-104

De Cesaris (1794)

A. De Cesaris, "De telescopio Herschel", *Ephemerides Astronomicae Anni 1795, Appendix*, 1794, 21: 101-116

De Cesaris (1803)

A. De Cesaris, "Osservazioni del Sole al quadrante murale", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno bisestile 1804, Appendice*, 1803, 30: 46-72

De Cesaris (1810)

A. De Cesaris, "Riflessioni sul limite degli errori probabili nelle osservazioni astronomiche", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1811, Appendice*, 1810, 37: 102-111

De Cesaris (1812)

A. De Cesaris, "Sul movimento oscillatorio e periodico delle fabbriche", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1813, Appendice*, 1812, 39: 105-116

De Cesaris (1813)

A. De Cesaris, "Riflessioni sopra gli orologi astronomici", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1814, Appendice*, 1813, 40: 74-87

De Cesaris (1815)

A. De Cesaris, "Continuazione delle osservazioni sul movimento oscillatorio e periodico delle fabbriche", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1816, Appendice*, 1815, 42: 13-32

De Cesaris (1818)

A. De Cesaris, "Riflessioni pratiche sulla misura del diametro del Sole", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1819, Appendice*, 1818, 45: 3-11

Dictio. Sci. Biog.

C.C. Gillispie (a cura di), *Dictionary of Scientific Biography*, 14 voll., (New York: C. Scriber's Sons, 1970-1976)

Faye (1881)

H. Faye, *Cours d'astronomie de l'Ecole Polytechnique*, 2 voll., (Paris: Gauthier-Villars, 1881)

Gazeley (1956)

W.J. Gazeley, *Clock and watch escapements*, (London: Heywood & Co. LTD, 1956)

Giotti (1929)

Gino Giotti, *Il riflettore di 102 cm. della R.Specola di Merate*, (Milano: Hoepli 'Pubblicazioni del R.Osservatorio Astronomico di Merate', 1929)

Herrmann (1984)

Dieter B. Herrmann, *The history of astronomy from Herschel to Hertzsprung*, (Cambridge: Cambridge University Press, 1984, ed.orig.: 1973)

King (1955)

Henry C.King, *The history of the telescope*, (New York: Dover Publ., 1979, riedizione inalterata della prima edizione, 1955)

Kreil (1834)

Carlo Kreil, "Osservazioni al collimatore di Kater applicato al quadrante murale di Ramsden", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1835, Appendice*, 1834, 61: 130-138

Kreil (1835)

C. Kreil, "Esame istituito sul nuovo circolo meridiano", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno bisestile 1836, Appendice*, 1835, 62: 121-140

Kreil (1838)

C. Kreil, "Descrizione degli apparati magnetici e dei metodi con cui si eseguono le osservazioni", in *Primo supplemento alle Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1839*, Milano 1838, p. 133-197

Lagrange (1775)

Louis Lagrange, "Mèmoire sur la longitude du collège de Brera à Milan", *Ephemerides astronomicae Anni Intercalaris 1776, 1775*, 2: 137-203

Lalande (1781)

Joseph Jerome Lalande, *Astronomie*, 4 voll., vol.4 (Paris: 1781)

Lister (1965)

Raymond Lister, *How to identify old maps and globes, with a list of cartographers, engravers, publishers and printers concerned with printed maps and globes from c.1500 to c.1850*, (London: G.Bell and Sons LTD, 1965)

Loomis (1868)

Elias Loomis, *An introduction to practical astronomy*, (New York: Harper & Brothers, seventh edition 1868)

Mandrino (1988)

A. Mandrino, "Problemi metodologici affrontati nel riordino e nell'inventariazione dell'archivio dell'Osservatorio di Brera", *Atti della Sez. di Storia della Fisica del LXXIII Congresso della SIF*, Napoli, 1987: 267-277

Mandrino-Tagliaferri-Tucci (1986)

A. Mandrino, G. Tagliaferri, P. Tucci (a cura di), *Catalogo della Corrispondenza degli astronomi di Brera 1726-1799* (Milano: Istituto di Fisica edit., 1986)

Mandrino-Tagliaferri-Tucci (1987)

A. Mandrino, G. Tagliaferri, P. Tucci (a cura di), *Inventario di Archivio dell'Osservatorio Astronomico di Brera 1726-1917* (Milano: Istituto di Fisica edit., 1987)

Mandrino-Tagliaferri-Tucci (1988)

A. Mandrino, G. Tagliaferri, P. Tucci, "L'Archivio della Specola di Brera," *Nuncius*, 1988, 3: 163-176

Mandrino-Tagliaferri-Tucci

A. Mandrino, G. Tagliaferri, P. Tucci, "G. B. Amici's telescopes for Brera Observatory" in via di pubblicazione su *Nuncius*

Mandrino-Tagliaferri-Tucci-Valota (1984)

A. Mandrino, G. Tagliaferri, P. Tucci, R. Valota, "L'Osservatorio astronomico di Brera," *Storia in Lombardia*, 1984, III(2):143-147

Masotti (1949)

Arnaldo Masotti, "Una relazione inedita di Paolo Frisi sopra l'Osservatorio di Brera", *Rendiconti dell'Istituto Lombardo di Scienze e Lettere*, vol. 81, 1948, in *Contributi dell'Osservatorio astronomico di Milano-Merate*, 1949, 27: 1-43

Miotto (1988)

Enrico Miotto, "I cerchi moltiplicatori all'Osservatorio di Brera", *Atti della Sez. di Storia della Fisica del LXXIII Congresso della SIF*, Napoli, 1987: 279-294

Morpurgo (1950)

Enrico Morpurgo, *Dizionario degli orologiai italiani (1300-1880)*, (Roma: La Clessidra, 1950)

Multhauf-Good (1987)

Robert P. Multhauf, and Gregory Good, *A brief history of geomagnetism and a catalog of the collections of the National Museum of American History*, (Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press, 1987)

Moscato (1815)

Pietro Moscati, "Sopra un singolare fenomeno osservato nella specola fisico-meteorologica eretta in Milano", *Memorie di matematica e di fisica della Società Italiana delle Scienze*, 1815, XVII(part. II): 256-263

Oriani (1781)

Barnaba Oriani, "De motu duorum horologiorum pendulis", *Ephemerides Astronomicae anni 1782*, 1781, 8: 221-246

Oriani (1785)

B. Oriani, "De motu horologiorum", *Ephemerides Astronomicae anni 1787*, 1785, 13: 140-157

Oriani (1811)

B. Oriani, "Distanze dallo zenit del Sole e delle stelle fisse osservate presso il meridiano con un nuovo circolo moltiplicatore", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1812*, Appendice, 1811, 38: 1-96

Oriani (1814)

B. Oriani, "Latitudine della specola di Brera dedotta dalle osservazioni delle stelle circompolari", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1815*, Appendice, 1814, 41: 3-43

Oriani (1816)

B. Oriani, "Declinazioni di quaranta stelle osservate al circolo moltiplicatore di tre piedi di diametro", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1817*, Appendice, 1816, 43: 3-32

Oriani (1822)

B. Oriani, "Posizione geografica di alcuni monti visibili da Milano", *Effemeridi astronomiche di Milano per l'anno 1823*, Appendice, 1822, 49: 3-26

Paolucci-Tagliaferri-Tucci (1988)

Nello Paolucci, Guido Tagliaferri, Pasquale Tucci, "Le vicende scientifiche ed extrascientifiche della realizzazione della prima carta della Lombardia con metodi astronomici", *Atti della Sez. di Storia della Fisica del LXXIII Congresso della SIF*, Napoli, 1987: 383-409

Pearson (1829)

W. Pearson, *An introduction to practical astronomy*, 2 vol, (London: 1829)

Poggendorff (1863)

J. Chretien Poggendorff, *Biographisch-literarisches Handwörterbuch zur Geschichte der exacten Wissenschaften enthaltend Nachweisungen über Lebensverhältnisse und Leistungen Mathematikern, Astronomen, Physikern, Chemikern, Mineralogen, Geologen usw. aller Völker und Zeit*, vol. I e II, (Leipzig: 1863)

Proverbio (1984)

Edoardo Proverbio, "Sui primi strumenti di astronomia di posizione della Specola di Brera in Milano", *Giornale di Astronomia*, 1984: 191-200

Proverbio (1986)

E. Proverbio, "La strumentazione astronomica all'Osservatorio di Brera-Milano e l'attività di R.G. Boscovich dal 1765 al 1772", *Giornale di Astronomia*, 1986, 3: 25-32

Proverbio (1988)

E. Proverbio, "Historic and critical comment on the 'Risposta' of R.J. Boscovich to a paragraph in a letter by prince Kaunitz", *Nuncius*, 1988: 171-226

Rayet (1878)

C. André, G. Rayet, A. Angot, *L'astronomie pratique et les observatoires en Europe et en Amérique*, 5 voll., vol.5: G. Rayet, *Observatoires d'Italie*, (Paris: Gauthier-Villars, 1878)

Reggio (1793)

Francesco Reggio, "De mensione basis habita anno 1788 ab astronomis mediolanensibus", *Ephemerides astronomicae anni 1794, Appendix*, 1793, 20: 3-20

Schiaparelli (1874)

Giovanni Virginio Schiaparelli, "Il periodo undecennale delle variazioni diurne del magnetismo terrestre considerato in relazione colla frequenza delle macchie solari. Risultati di 38 anni di osservazioni fatte a Milano (1836-1873)", *Memorie della Società degli Spettroscopisti Italiani. Appendice al volume III*, 1874, in *Le opere di G.V. Schiaparelli*, 11 voll., vol. XI, (Milano: Ulrico Hoepli, 1943), pp. 423-434

Schiaparelli (1875a)

G.V. Schiaparelli, "Sullo stato del R. Osservatorio Astronomico di Brera in Milano e sui lavori in esso eseguiti durante l'anno 1874", *Bollettino Ufficiale del Ministero della Pubblica Istruzione. Anno 1875, 15 aprile, Vol. I*, pp. 328-342, in *Le opere di G.V. Schiaparelli*, 11 voll., vol. X (Milano: Ulrico Hoepli, 1940), pp. 159-180

Schiaparelli (1875b)

G.V. Schiaparelli, "Sull'Osservatorio di Arcetri", in *Le opere di G.V. Schiaparelli*, 11 voll., vol. X (Milano: Ulrico Hoepli, 1940), pp. 257-270

Schiaparelli (1888)

G.V. Schiaparelli, "Osservazioni sulle stelle doppie. Serie prima comprendente le misure di 465 sistemi eseguite col refrattore di otto pollici di Merz negli anni 1875-1885", *Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano*, 1888, XXXIII, in *Le opere di G.V. Schiaparelli*, 11 voll., vol. VI (Milano: Ulrico Hoepli, 1935), pp. 9-262

Schiaparelli (1909)

G.V. Schiaparelli, "Osservazioni sulle stelle doppie. Serie seconda comprendente le misure di 636 sistemi eseguite col refrattore equatoriale Merz-Repsold negli anni 1886-1900", *Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano*, 1909, XLVI, in *Le opere di G.V. Schiaparelli*, 11 voll., vol. VI (Milano: Ulrico Hoepli, 1935), pp. 263-525

Schiaparelli (1927)

G.V. Schiaparelli, *Scritti sulla storia della astronomia antica*, 3 voll., (Bologna: Zanichelli, 1927)

Schiaparelli-Celoria (1875)

G.V. Schiaparelli, G. Celoria, "Resoconto delle operazioni fatte a Milano nel 1870 in corrispondenza cogli astronomi della Commissione geodetica svizzera per determinare la differenza di longitudine dell'Osservatorio di Brera coll'Osservatorio di Neuchatel e colla stazione trigonometrica del Sempione", *Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano*, n. VIII, 1875, in *Le opere di G.V. Schiaparelli*, 11 voll., vol. X (Milano: Ulrico Hoepli, 1940), pp. 413-465

Schiaparelli-Celoria (1901)

G.V. Schiaparelli, G. Celoria, "Posizioni medie per 1870.0 di 1119 stelle fino alla grandezza 7.5, comprese fra -2° e +6° di declinazione, determinate con osservazioni fatte al circolo meridiano di Starke negli anni 1860-1872", *Pubblicazioni del Reale Osservatorio di Brera in Milano*, 1901, n. XLI, in *Le opere di G.V. Schiaparelli*, 11 voll., vol. VII (Milano: Ulrico Hoepli, 1935), pp. 49-304

Tagliaferri (1988)

G. Tagliaferri, "Boscovich and Milan", *Atti del Convegno "Bicentennial commemoration of R. Boscovich"*, Milan, September 15-18, 1987 (Milano: UNICOPLI, 1988)

Tagliaferri-Tucci (1984)

G. Tagliaferri, P. Tucci, "La dimissione di Boscovich da Brera," *Giornale di*

Astronomia, 1984, 100(3-4): 201-207

Tagliaferri-Tucci (1987a)

G. Tagliaferri, P. Tucci, "Il contributo degli astronomi di Brera alla determinazione dell'orbita di Urano" *Giornale di astronomia*, 1987, 13(4): 8-14

Tagliaferri-Tucci (1987b)

G. Tagliaferri, P. Tucci, "P. Frisi e gli astronomi di Brera" in *Ideologia e scienza nell'opera di Paolo Frisi (1728-1784)*, a cura di G. Barbarisi, (Milano: Franco Angeli Editore, 1987)

Tagliaferri-Tucci (1988)

G. Tagliaferri, P. Tucci, "Boscovich and the determination of cometary orbits", *Atti del Convegno "Bicentennial commemoration of R. Boscovich"*, Milan, September 15-18, 1987 (Milano: UNICOPLI, 1988)

Tagliaferri-Tucci (1989)

G. Tagliaferri, P. Tucci, "The visit to the Low Countries in 1786 of the astronomer Barnaba Oriani of Milan", in via di pubblicazione sugli *Atti del Convegno "Italian Scientists in the Low Countries in the XVIIth and XVIIIth centuries"*, Utrecht 25-27 May 1988

Tagliaferri-Tucci-Valota-Kranjc (1983)

G. Tagliaferri, P. Tucci, R. Valota, A. Kranjc, *Da Brera a Marte. Una storia dell'Osservatorio di Milano* (Novara: De Agostini Editore, 1983)

Waaland (1967)

J. Robert Waaland, "Fraunhofer and the Great Dorpat Refractor", *American Journal of Physics*, 1967, 35: 344-350

Williams (1984)

Mari Williams, "Beyond the planets: early nineteenth-century studies of double stars", *British Journal of the History of Science*, 1984, 17: 295-309

Zagar (1962)

Francesco Zagar, "L'Osservatorio Astronomico di Milano nella Storia", negli *Atti del Convegno per il 250° anniversario della nascita di R. G. Boscovich e per il 200° anniversario della fondazione dell'Osservatorio di Brera*, Milano 1962, ripubblicato in *Contributi dell'Osservatorio di Milano-Merate*, Nuova serie, n. 201, 1963

Negli ultimi cinque anni qualcosa è cambiato nella storia dell'Osservatorio astronomico di Brera-Merate: è stata evitata la sua scomparsa da Milano — mentre rischiava di essere risucchiato dalle altre istituzioni che affollano il Palazzo di Brera — così come è stato evitato il compattamento delle sue attività a Merate.

Così Milano continua ad ospitare nelle sue mura il suo primo istituto di ricerca scientifica, sorto nel 1764 e tuttora in funzione: raro caso di continuità operativa, nella stessa sede, attraverso più di due secoli di vicissitudini politico-amministrative. La salvaguardia della sede storica dell'Osservatorio è stata accompagnata dalla valorizzazione del suo patrimonio storico, costituito da strumenti, materiali di archivio, biblioteca, cupole di osservazione.

Nella Galleria dell'Osservatorio è stata allestita una mostra permanente di strumenti e di materiale di archivio. È stata restaurata la torre girevole di osservazione, nella quale era montato il telescopio "Merz" da 22 cm di apertura, che Schiaparelli usò a partire dal 1875, e sono state rese agibili le terrazze contigue.

Il materiale di archivio accumulato nell'Osservatorio a partire dal XVIII secolo è stato trasferito in locali appositamente arredati ed è ora possibile la sua consultazione. Sono già stati pubblicati un 'Inventario di archivio' e un 'Catalogo delle lettere (1726-1799)'.

Il volume che viene qui presentato traccia la storia dell'Osservatorio, con particolare attenzione alla strumentazione.

L. 16.000

ISBN 88-400-0193-X



9 788840 001937