



Achademia Leonardi Vinci

Publisher: FeDOA Press – Centro di Ateneo per le Biblioteche dell'Università di Napoli Federico II – Registered in Italy
Publication details, including instructions for authors and subscription information: <http://www.achademialeonardivinci.it>

Ruote per il moto perpetuo in manoscritti persiani inediti e il passaggio al Rinascimento: meccanismi e macchine

Giuseppina Ferriello

To cite this article: Ferriello G. (2021), *Ruote per il moto perpetuo in manoscritti persiani inediti e il passaggio al Rinascimento: meccanismi e macchine*: Achademia Leonardi Vinci, 2021, anno I, n. 1, 141–168.

FeDOA Press makes every effort to ensure the accuracy of all the information (the “Content”) contained in the publications on our platform. FeDOA Press, our agents, and our licensors make no representations or warranties whatsoever as to the accuracy, completeness, or suitability for any purpose of the Content. Versions of published FeDOA Press and Routledge Open articles and FeDOA Press and Routledge Open Select articles posted to institutional or subject repositories or any other third-party website are without warranty from FeDOA Press of any kind, either expressed or implied, including, but not limited to, warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Any opinions and views expressed in this article are the opinions and views of the authors, and are not the views of or endorsed by FeDOA Press. The accuracy of the Content should not be relied upon and should be independently verified with primary sources of information. FeDOA Press shall not be liable for any losses, actions, claims, proceedings, demands, costs, expenses, damages, and other liabilities whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with, in relation to or arising out of the use of the Content.

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Terms & Conditions of access and use can be found at <http://www.serena.unina.it>

It is essential that you check the license status of any given Open and Open Select article to confirm conditions of access and use.

DUE MANOSCRITTI riguardanti ruote per il moto perpetuo, a prima vista simili,¹ con poche ma sostanziali differenze nel testo e nei disegni, sono stati ritrovati nel 2017 e nel 2019 in miscellanee di Meccanica: *Majmu'a* (Raccolta) n. 351 della Ryland's Collection di Manchester² e *Majmu'a* n. 2573 della Biblioteca della Facoltà di Lettere di Tehrān³. Il meccanismo del primo codice citato era stato classificato da Alphonse Mingana⁴ come semplice ruota idraulica; quello del secondo non era stato riconosciuto né distinto dal libro di Erone⁵, fatto non insolito, poiché gli studiosi di area islamica⁶ non traducevano con finalità celebrative ed omettevano i nomi degli autori, specie se non musulmani. I congegni rinviano agli omologhi rinascimentali successivi e ripropongono i quesiti sulla trasmissione delle fonti.

¹ Una copia dei due testi è stata data in gennaio 2020 a M. Bagheri per confronti ed è stata usata per un articolo persiano con la sola trascrizione, che però modifica lemmi e verbi. Cfr. Hosseinzadeh, Ma'edeh, "Two Persian Short Manuscripts on Perpetual Motion." *Miras-e Elmi-ye Eslam* (Tehrān), 8, 1, 2019, pp. 138-143.

² Ferriello, Giuseppina e Gatto, Romano, "Apollonius Mechanicus. Isfizārī's Persian Version of the Treatise On the Pulleys and Two Other Anonymous Persian Texts." *Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche* XXIX, 1, 2019, pp. 51-105.

³ Questo contributo si inserisce nelle ricerche sulla Storia della Scienza basate sulle fonti in lingua iniziate nel 1987. Con riferimento alle ricerche più aggiornate sul moto perpetuo in Leonardo da Vinci, si veda Bernardoni, Andrea (ed.), *Leonardo da Vinci e il moto perpetuo*, Firenze-Milano: Giunti, 2019. Nei titoli e nelle citazioni altrui lasciamo invariata la trascrizione adottata che può essere cambiata nel tempo.

⁴ Mingana, Alphonse, *Catalogue of the Mingana Collection of Manuscripts*, Cambridge: W. Heffer and Sons, 1933.

⁵ Utilizziamo la dicitura 'Il libro' per indicare il testo sulle macchine semplici e le loro combinazioni; nella versione araba di Qusṭā ibn Lūqā le semplici sono nel II Libro, le composte nel III Libro.

⁶ Da qui in poi utilizzeremo il termine 'musulmani', ma, in realtà, molti erano nestoriani, cattolici, ebrei, siriaci, copti ecc.

Ruote per il moto perpetuo in manoscritti persiani inediti e il passaggio al Rinascimento: meccanismi e macchine

GIUSEPPINA FERRIELLO



Ms G
f. 82r

Per cogliere possibili relazioni e il transito al Rinascimento bisogna distinguere in quali settori gli studiosi inserivano la Meccanica, la Pneumatica, l’Idraulica con l’Idrostatica, le macchine e i meccanismi. Infatti sarebbe fuorviante e poco proficuo per il rinvenimento di documenti adottare la stessa ripartizione diffusa in Occidente⁷.

La Meccanica, l’Agrimensura e l’Ottica facevano capo alla Geometria: ad essa si collega la *علم ثقل* ‘*elm-e Thaqil*’ (‘Scienza dei Pesi’), la cui funzione principale è il sollevamento dei pesi e guarda ad Erone di Alessandria quale suo ispiratore. La Meccanica riguarda le cinque macchine semplici e le composte derivate dal loro assemblaggio; è in relazione con la Geometria e l’Ingegneria, come attesta anche l’analisi lessicale: le radicali *h n d* del lemma *هندسة Handasa* (‘Geometria’) sono, infatti, le stesse dei lemmi *مهندس Muhandis*⁸, colui che padroneggia e applica la geometria – l’ingegnere – e del verbo *انداختن andākhtan*, ossia ‘gettare’ [la corda], cioè misurare. La Meccanica è di derivazione greca; i lemmi *مخل mokhl* (‘leva’), *اسفين asfīn* e *فانه fānè* (‘cuneo’), *مجنیک majanīk* e *منجنیک manjanīk* (‘meccanico/meccanica’), con la variante *مجانیقی majānīqī* sono la trascrizione con grafemi arabo-persiani di termini greci che ancora non avevano corrispondenti in Oriente. Si

mantiene perfino la formazione di termini composti come *كثير الرفع kathir al-rafa’* che si traduce ‘poli-sollevatore’.

Le macchine alleviano il lavoro manuale, per volere divino precisa qualche copista: “[...] Dio [...] per sollevarli dal peso di lavori umili, li ha guidati e liberati da tutti gli spostamenti dei corpi pesanti. Questo è un trattato unico sull’attività del sollevamento dei corpi pesanti svolto in capitoli e paragrafi [...]”⁹ ma anche per la perizia del meccanico: “[...] Un meccanico¹⁰ ha dichiarato: se sulla terra ferma c’è un posto dove si possa stare saldamente, io, grazie a questi strumenti, sposterò la terra dal proprio posto [...]”, o in un altro codice ancora più preciso: “[...] Se è possibile stare fermi e sul suolo collocare delle macchine, io estrarrò la terra e la sposterò altrove [...]”¹¹. L’asserzione è in tutti i manoscritti persiani e suggerisce un significato differente da quello comunemente attribuito ad Archimede;¹² è indiziario pure il termine *کاک kāk*, che significa terreno e raramente globo terrestre. Il funzionamento, la costruzione e il ruolo della leva sono in altri fogli. L’utilità e la lunga vita del testo di Erone sono provate da singolarità linguistiche e iconiche di ogni testimone, che ha attraversato tempo e spazio pur ripetendo uno schema condiviso con la versione araba di Qusṭā b. Lūqā al-Ba’alabākkī (820-912) per il probabile

⁷ Si vedano: Ferriello, Giuseppina, “Le tecniche costruttive nel Medio Evo islamico attraverso le fonti persiane”, Tesi di laurea in Lingue e Letterature straniere orientali, Università di Napoli L’Orientale, a.a. 1992-93; Eadem, “Il sapere tecnico-scientifico fra Iran e Occidente una ricerca nelle fonti.”, Tesi PhD in Studi Iranici, Università di Napoli L’Orientale, a.a. 1997-98. Ambedue le ricerche non disponevano di precedenti né di riferimenti.

⁸ Il prefisso “mu” inglobato in un lemma – che correttamente dovrebbe essere riferito a persone – sottende la padronanza della materia indicata.

⁹ Università di Tehrān, Ms. n. 1674.4, f. 1, classificato *Mashhad* 1674, si veda Ferriello, Giuseppina, “The Lifter of heavy bodies of Heron of Alexandria in the Iranian world.” *Nuncius*, 62, (2005), pp. 327-345.

¹⁰ F.P. De La Croix – emissario del re Sole e possessore del codice – nelle brevi note a margine del suo tentativo di traduzione in francese annota: “Archimede”.

¹¹ Ms. n. 5750 dell’Università di Tehrān, f. 2, trad. di G. Ferriello.

¹² Parigi, BNF, SP 369, f. 12v, trad. di G. Ferriello.

ricorso a un comune archetipo greco¹³. Degno di nota è l'ampliamento, da parte dei meccanici persiani, del repertorio dei prototipi rispetto a quelli inclusi nei libri I e II di Erone, che ha aperto la strada alle sperimentazioni di macchine complesse che hanno sbalorditive affinità con i più tardi modelli rinascimentali. Le macchine da cantiere spostano carichi pesanti e agevolano il lavoro, perciò non hanno bisogno di abbellimenti e presentano la struttura a vista; in quanto vantaggiose per l'uomo, la loro illustrazione viene accompagnata da descrizioni, parafrasi, osservazioni che ne propagandano il vantaggio. È il caso di Abū Hātim Al-Muzaffar Ibn Ismail Isfizārī al-Isfarledī (l'Eccelso) (XI-XII secolo)¹⁴, il quale crea collegamenti tra Erone, Euclide, Apollonio, Archimede e Aristotele e colloca il trattato di Apollonio sulle ruote dentate subito prima del I Libro di Erone¹⁵, che inizia col *Baroullkos*. I disegni delle macchine sono schematici, ridotti all'indispensabile; in genere sono privi di elementi decorativi e spesso sono sproporzionati o ruotati per essere adattati allo spazio lasciato libero dal copista. I

disegni ritraggono piante, sezioni e prospetti e l'effetto prospettico si coglie a fatica in piccoli espedienti e dettagli¹⁶.

I meccanici persiani collegano tra loro fino a quattro macchine semplici, come suggerisce Erone all'inizio del terzo libro. A conclusione del testo¹⁷, talvolta inseriscono la bilancia idrostatica – che ritroviamo pure in testi sui congegni – e/o la ruota per il moto perpetuo. Attingono, perciò, alla scienza dei pesi e a quella dei congegni¹⁸ anticipando quanto faranno gli ingegneri del Rinascimento, i quali non fanno distinzione fra i due campi, indicando con l'unico lemma *ingeniarius* la loro figura professionale. Nei testi persiani si delinea la revisione critica di questa ripartizione ed è eloquente la relazione fra bilancia e leva e fra scienza dei pesi e scienza dei congegni¹⁹. La Pneumatica e l'Idraulica con l'idrostatica²⁰ – in Occidente incluse nella Meccanica – nel mondo islamico sono inserite nella *علم حيل elm-e Hiyal*, la 'Scienza dei Congegni', che ha come suo riferimento Filone di Bisanzio. Nel XIII secolo, però, rinveniamo il lemma 'meccanica' in un'opera sui conge-

¹³ Ferriello, "The Lifter of heavy bodies of Heron of Alexandria in the Iranian world." cit., 2005, p. 332.

¹⁴ Ferriello, Giuseppina, "Antichi testi di Meccanica, nuovi ritrovamenti, la *Majmu'a* (raccolta) n° 197 di Tehrān." In *Atti 8° Convegno Nazionale «History of Engineering/Storia dell'Ingegneria» (Proceedings of the 4th International Conference)*, D'Agostino, Salvatore e D'Ambrosio, Francesca R. (eds.), 2 voll., Napoli: Cuzzolin editore, 2020, pp. 195-198.

¹⁵ Ferriello e Gatto "Apollonius Mechanicus" cit., 2019, pp. 51-105; con aggiunte e nota biografica completa: Ferriello "Antichi testi di Meccanica, nuovi ritrovamenti" cit., 2020, pp. 195-198.

¹⁶ Nello studio comparato dei tredici manoscritti rinvenuti il confronto fra le immagini e l'analisi linguistico-lessicale sono strumenti complementari anche per ipotizzare la sequenza cronologica.

¹⁷ Lo studio comparato fra le tredici copie di manoscritti di meccanica rintracciate è in fase di ultimazione; si stanno pertanto verificando diversi elementi che integrano e ampliano le informazioni disponibili fino a poco tempo fa.

¹⁸ L'ipotesi si consolida col confronto in atto.

¹⁹ Perfino gli storici della scienza iraniani li hanno trascurati ritenendoli "semplici copie di testi arabi", e le nostre ricerche hanno perciò sollecitato il loro interesse. Cfr. Karimi, Nateg J.N., "An Investigation on the Originality of the Persian Manuscripts on Lifting Heavy Weights." *Tarikh-e Elm, Iranian Journal for the History of Science*, vol. 12 (1), 2015-16, pp. 95-113.

²⁰ Una dissertazione completa sulla bilancia idrostatica con riferimento alle innovazioni rinascimentali sul peso specifico è in: Mottana, Annibale, *Galileo e la bilancetta un momento fondamentale nella Storia dell'idrostatica e del peso specifico*, Firenze: Olschki, 2017.

gni: النافع في الجامع بين العلم و العمل صناعة الحيل: *al-Jāmi' bayn al- 'ilm wa l- 'amal, al-nāfi 'fi- l- 'shinā' at al-hiyal*, (Compendio sulla teoria e sulla pratica delle arti meccaniche) di al-Jazarī (1136–1206), un repertorio di meccanismi che sfruttano l'energia animale e idraulica per attivare alberi e ruote dentate, simili a modellini di macchine idrauliche le quali, con l'ausilio di pompe, innalzavano l'acqua al livello voluto. Possiamo considerare un elemento notevole la commistione lessicale, che connota un cambiamento di grande portata che si completerà in Occidente col transito dei testi.

I congegni devono stupire il pubblico, perciò nascondono la struttura dietro apparati decorativi e simulacri; spesso aggiungono effetti speciali visivi e sonori²¹; le loro immagini nei codici sono colorate con tinte accese e inserite in pagine scritte con grafia raffinata. Ovviamente mancano le descrizioni – in toto o in parte – per non svelare l'arcano. Potremmo assimilarli ai codici di alchimia, che contengono elementi e procedimenti criptati, come il manoscritto in arabo della Raccolta di Tehrān, in cui è una delle ruote (Fig. 1)²².

Come per Archimede, la bilancia è connessa alla leva, è peculiarità degli studiosi iranici ed è associata allo studio dei centri di gravità. Collocata indifferentemente nella Scienza

dei Pesi o nella Scienza dei Congegni ma con finalità che colgono dai singoli studiosi, essa segna il legame 'geometrico' fra i due campi. La bilancia è considerata a parte rispetto al problema del sollevamento dei pesi, il cui oggetto è lo spostamento di carichi pesanti e non lo studio dell'equilibrio in sé²³, come chiarisce uno dei primi studiosi di un problema semplice di Statica, ossia l'equilibrio di una barra omogenea da cui deriva il modello di bilancia, affrontato da Tābit Ibn Qurra nel IX secolo: "Il s'agit de la science du mouvement et de la science du rendement des machines ou mécanique à proprement parler"²⁴. Un'importante rivoluzione, passata inosservata in quanto rilevabile solo da fonti in lingua persiana e araba, avviene intorno ai secoli XI–XII con la sistematizzazione degli studi sulla bilancia idrostatica²⁵ e con l'inserimento del lemma 'meccanica' in un lavoro sui congegni; come innanzi evidenziato, scienza dei pesi e scienza dei congegni sono sì separate, ma argomenti che servono ad entrambe sono nell'una e nell'altra: tra essi, le ruote idrauliche, le ruote dentate e, appunto, la bilancia idrostatica.

La classificazione delle opere di Erone adottata in Occidente è differente da quella diffusa in area islamica, essendo correlata alla ripartizione delle scienze²⁶. La suddivisione

²¹ Cfr. Ferriello, Giuseppina e Magazù, Salvatore, "Orizzonti senza confini per l'insegnamento della fisica: una chiave interdisciplinare per le 5 macchine semplici, § Geometria Meccanica teorica e Meccanica pratica. Scienza dei Pesi e Scienza dei Congegni." In Atti del Convegno internazionale «News Horizons in Teaching Science», Messina 18–19 giugno 2018, in corso di pubblicazione.

²² Per le immagini da codici persiani siamo grati al prof. Mohammad Bagheri; per la riproduzione e l'ottimizzazione si ringrazia Emilio Pinto foto-grafia.

²³ In uno dei codici rintracciati nel 2019, pur mantenendo la struttura 'eroniana', sono stati eliminati i cunei la cui forza non è facilmente quantificabile.

²⁴ Jaouiche, Khalil, *Le Livre du Qarastun de Tabitibn Qurra. Étude sur l'origine de la notion de travail et du calcul du moment statique d'une barre homogène*, Leiden: E.J. Brill, 1976, p. 46.

²⁵ Sulla bilancia idrostatica si veda Khanikoff, Nikolai, "Analysis and extracts of Book of the Balance of Wisdom." *Journal of American Oriental Society*, 1860, rist. anastatica, 1982, VI, pp. 1–128. Il collegamento fra meccanica e bilancia è nostra tesi.

²⁶ Giardina, Giovanna Rita, *Erone di Alessandria. Le radici filosofico-matematiche della tecnologia applicata*, Catania: CUECM, 2003, pp. 31–6.

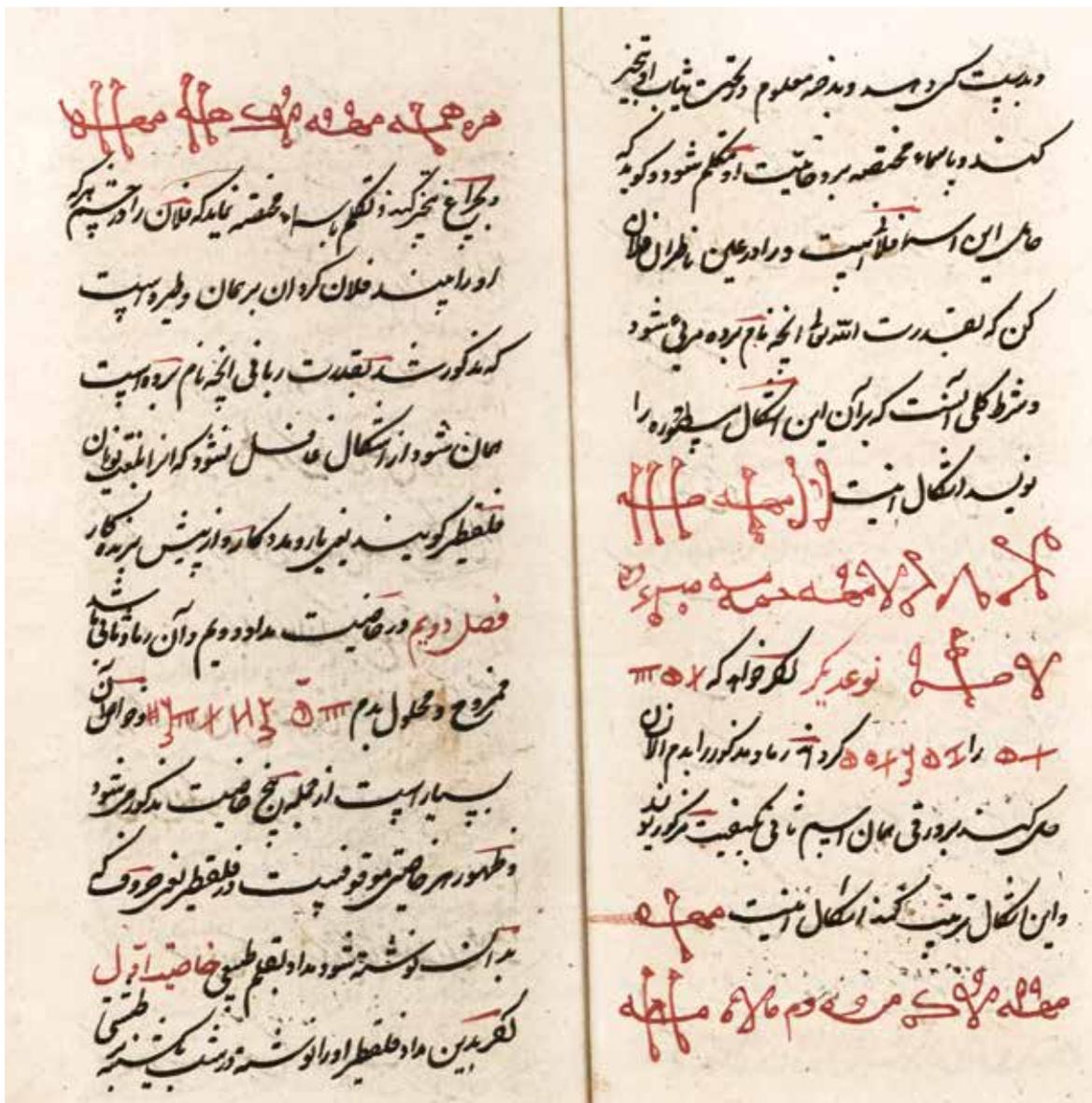


Fig. 1 – *Trattato di alchimia* (in lingua araba). Università di Tehrān, Ms. *Majmu'a* n. 2573, sec. XII-XIII, ff. 61-62 (da destra verso sinistra).

in scritti ‘matematici e tecnologici’ – più corretto dire ‘tecnici’ – con l’ulteriore distinzione in ‘tecnologici teorici e tecnologici pratici’ proposta in un recente lavoro sulle *Definitiones* e utile allo studioso di Erone latino/greco, non trova riscontro nella ripartizione e nella classificazione adottata da studiosi musulmani,

a riprova della fondamentale importanza delle fonti e di uno studio comparato che non pretenda di trasferire *tout court* in Occidente quanto era differente in Oriente, e viceversa. In Europa circolavano copie della *Meccanica*²⁷ e anche congegni sotto forma di doni scambiati tra mercanti e signori. Il passaggio

²⁷ Cfr. Gatto, Romano, “La Meccanica di Erone nel Rinascimento.” In Caye Pierre e Nanni, Romano e Na-

al Rinascimento è predisposto dai meccanici depositari della tradizione scritta che li accomuna a greci e latini, la stessa che fa propendere lo storico Ibn Khaldūn per un ruolo più importante assunto in Oriente nel settore tecnico-scientifico da comunità stanziali rispetto a quelle beduine nomadi²⁸. Al-Hazen, Abu Ma'shar, al-Kindi, Abd al-aziz, al-Farghani, Archimede, Aristotele, Avicenna, Erone, Fibonacci, Jacopo da Cremona, Isidoro di Siviglia, Giordano Nemorario, Giovanni Sacrobosco, Abraham bar Hiyya²⁹ sono studiosi che Leonardo conosce; ciascuno ha un ruolo significativo nell'avanzamento della conoscenza in campo scientifico e filosofico; li incontriamo, non a caso, ogni qualvolta si considera la trasmissione del sapere fra Oriente e Occidente in ambo le direzioni. La diffusione delle fonti, i rapporti fra studiosi, le nuove branche matematiche come l'Algebra, l'impiego di nove cifre più lo zero, gli studi sui poligoni stellari e sulla duplicazione e sullo sviluppo di figure geometriche piane e tridimensionali – che tanto affascinano Pacioli e Leonardo – hanno radici lontane, purtroppo ignorate dal condizionamento che ha limitato l'interesse per fonti in lingue non europee penalizzando la comprensione di passaggi e di eredità cultu-

rali a danno dell'avanzamento degli studi di Storia della Scienza. L'esclusione di fonti documentarie ha dunque trasformato in 'invenzione' quanto è invece esito di ricerche e di studio: il sapere rinascimentale ha radici profonde, lontane nel tempo e nello spazio, ma non estranee – tutt'altro – a quelle del mondo occidentale contaminate da India e Cina.

Il concetto di equilibrio e di movimento è tradotto in quello di 'propensione verso il centro',³⁰ che è congiunto all'*horror vacui* per ragioni filosofico-religiose e trova origini di natura fisico-matematica, naturalistica e teologica prima del 1017, l'anno in cui muore Karajī, matematico e ingegnere di Ponti, Strade e Canali persiano operante per alcuni anni a Baghdād. Come si evince dal prologo dell'*Estrazione delle acque nascoste*, egli recupera la tradizione classica ed ellenistica, innovandola con la componente geometrico-matematica, progredita e applicata in ambito islamico. La sua 'propensione' è affine al 'mal' [inclinazione verso il centro] del contemporaneo Avicenna. I meccanici persiani preparano il terreno per questi studi e collegano fino a quattro macchine semplici per alleggerire la fatica, e tengono conto delle dimensioni e del materiale delle varie parti costitutive delle macchine.

politani, Pier Daniele (eds.), *Scienze e Rappresentazioni. Saggi in onore di Pierre Souffrin*, Atti del Convegno Internazionale (Vinci, Biblioteca Leonardiana, 26-29 settembre 2012), Firenze: Olschki, 2015, pp. 151-172.

²⁸ Ferriello, Giuseppina, *La formazione ed il ruolo del tecnico medievale musulmano nelle fonti persiane ed arabe*, Mathepristem, Milano, 2009, (<http://matematica.unibocconi.it/articoli/la-formazione-ed-il-ruolo-del-tecnico-medievale-musulmano>).

²⁹ Vecce, Carlo, *La Biblioteca perduta. I libri di Leonardo*, Roma: Salerno Editrice, 2017. Qui abbiamo adottato la trascrizione del testo citato.

³⁰ “[...] la Terra ha forma simile ad una palla da polo, Dio ha stabilito che essa fosse il centro dell'Universo, che in eterno col suo moto continuo girasse attorno a questo centro[...] creò il mondo compatto ed in esso non esiste alcuno spazio vuoto; per ognuno, dal firmamento alle stelle e per l'aria e per l'acqua e per la terra ha stabilito un particolare luogo; se essi vengono spostati, di nuovo ritornano al proprio posto. [...] i corpi pesanti come la terra e l'acqua sono desiderosi di raggiungere questo centro ed ogni corpo pesante, quanto più è pesante, tanto più ha questa propensione verso il centro [...] all'interno della Terra esistono dei moti perpetui. Qualcuno di questi movimenti è la causa della caduta e del crollo di edifici [...]”. Cfr. Ferriello, Giuseppina, *L'estrazione delle acque nascoste Trattato tecnico scientifico di un matematico-ingegnere persiano vissuto nel Mille*, Torino: Kim Williams Books, 2007, pp. 37-38.

Se, per esempio, con un verricello “vogliamo sollevare un determinato peso con una forza nota, bisogna che il rapporto fra il diametro dell’asse e il diametro dell’orbita sia pari a quello tra la forza e il peso. Per esempio, se [...] vogliamo sollevare un peso di 10 *man*³¹ con una forza di 1 solo *man*, come il peso K [...], costruiamo un asse per rispettare il rapporto fra il diametro dell’asse e il diametro dell’orbita che devono essere uguali [...]”³² Se, invece, con lo stesso strumento vogliamo sollevare 10.000 *man*, “[...] occorrerebbe costruire una ruota, il cui diametro sia mille volte il diametro dell’asta in grado di sollevare 1.000 *man*, e questo non è possibile. Perciò è necessario costruire un asse come quello suddetto, ma di ferro e non di altro [materiale]; il suo diametro deve [...]”³³

Gli esercizi proseguono con esempi dettagliati e talvolta annotati. Gli ingegneri rinascimentali si pongono quindi sulla loro scia: pur non disdegnando di progettare allestimenti per feste, essi destinano al cantiere congegni/macchine privi di orpelli, che richiamano macchine composte di Erone, norie, macchine a trazione idraulica o animale, che combinano insieme più macchine semplici e ruote dentate (Fig. 2) e che ritroviamo in Leonardo (Figg. 3-4) e negli ingegneri che realizzano macchine da guerra documentate nella tradizione latina e in Vitruvio.

Il superamento della dicotomia macchina-congegno produrrà i progressi che sono alla base delle grandi costruzioni degli ingegneri senesi e rinascimentali; il nesso fra i due insieme si individua già in un dimenticato

brano della *Collezione Matematica*, dove Pappo scrive di Archimede denominando ‘meccanici’ i costruttori di strumenti per sollevare pesi, di macchine da guerra e per il sollevamento idrico, o di ‘meraviglie’ – cioè congegni –, come pure i fabbricanti di planetari³⁴. Il concetto unitario presto dimenticato viene ripreso e concretizzato dagli ingegneri rinascimentali, i quali progettano e costruiscono macchine connotate dai caratteri propri dei congegni recuperando l’antico concetto di *μηχανική* (Meccanica), riferibile sia all’*ἐπιστήμη* (Scienza) sia alla *τέχνη* (Arte, Tecnica), cui secondo Aristotele appartiene quanto procura vantaggio all’uomo ed è perciò utile³⁵.

La continuità fra il pensiero antico ed ellenistico da un lato e la sua riscoperta da parte degli ingegneri rinascimentali dall’altro è negli interposti codici persiani, dove il concetto è riformato e potenziato con gli studi sulla bilancia radicati sulla leva e sull’equilibrio che conferiscono valenza scientifica.

Il sollevamento dei carichi è una questione centrale della Meccanica; i codici persiani sono dotati di immagini, che potenziano il testo e lo integrano con note, indicazioni sui materiali, dettagli (Fig. 5) e osservazioni a margine delle parti costitutive delle macchine (Fig. 6). Le finalità sono espresse negli *incipit* e negli *explicit*, testimoniando della lunga e vivace vita del testo eroniano.

La ricerca svolta da chi scrive, a partire dalla fine degli anni ’80, sulla trasmissione delle fonti tecnico-scientifiche in lingua persiana copre un arco di tempo che va dall’inizio della dominazione islamica, nel VII secolo,

³¹ Unità di peso fra 2,922 e 2,97 Kg.

³² Parigi, BNF Ms. *Supplement Persan n. 369*, f. 2v., trad. di G. Ferriello.

³³ *Ivi*, f. 12r, trad. di G. Ferriello.

³⁴ Riferendosi a Pappo, *Collectio*, VIII, 1024, 12-1026, 19 (ed. Hultsch) Cfr. Russo, Lucio, *Archimede, un grande scienziato antico*, Roma: Carocci Editore, 2019, pp. 55-56.

³⁵ Ferrini, M. Fernanda, *Aristotele Meccanica*, Milano: Bompiani, 2010, pp. 20-21.



Fig. 2 - Isfizārī, *La Meccanica di Erone*, Libro II. Università di Tehrān, Ms. *Majmu'a* n. 197, sec. XII-XIII, ff. 21-22 (da destra verso sinistra).

fino al 1449, quando fra i traduttori compare Mūsāʿb. Moḥammad Qādhī-Zādeh al-Rūmī (1393-1449), la cui *kunya* evidenzia il ritorno sulla scena di protagonisti romano-bizantini, al termine di una folta schiera di studiosi che trasferisce al Rinascimento il simbolico testimone di quegli studi³⁶. Il periodo va diviso in tre fasi: la prima, tra il VII e il IX secolo, segnata dal recupero dei testi e dalle traduzioni; la seconda, relativa ai secoli IX-XI, dal sincre-

tismo e dall'elaborazione del pensiero antico e islamico arricchiti da nuovi contributi; la terza, definibile della maturità, termina idealmente nel 1449 e consolida la trasmissione all'Europa del prodotto tecnico-scientifico (congegni meccanici, strumenti di misura, astrolabi), artistico e commerciale. Il transito era stato preparato dai primi traduttori in latino: Gerberto di Aurillac (papa Silvestro II), Gerardo da Cremona, Domenico Gundisalvi,

³⁶ Sono stati censiti oltre settecento operatori delle costruzioni e traduttori di testi scientifici e tecnici. Cfr. Ferriello, "Il sapere tecnico-scientifico" cit., 1997-98, *passim*.

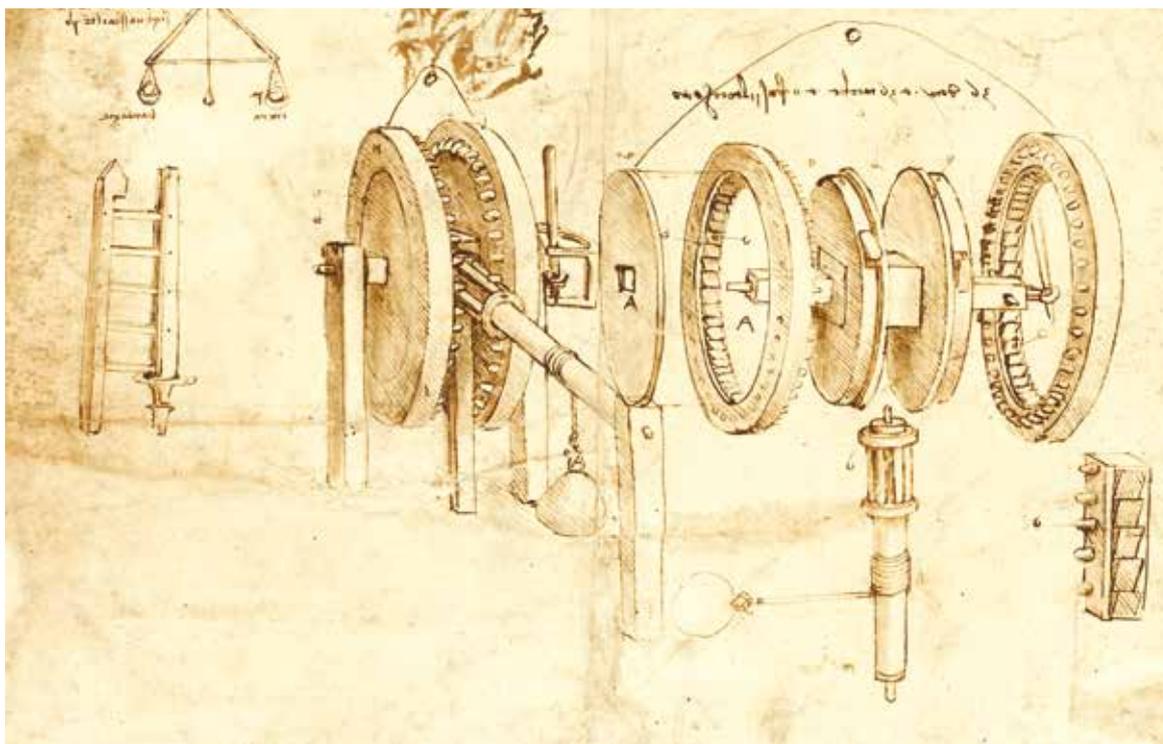


Fig. 3 - Leonardo, *Ingranaggi e ruote dentate*, Codice Atlantico, f. 30v [8v-b], c. 1478-80. Milano, Veneranda Biblioteca Ambrosiana (da Fac-simile dell'Edizionale Nazionale dei Disegni e dei Manoscritti di Leonardo).

Platone da Tivoli, Johannes Hispalensis, Magistro Dragone, Roberto di Chester, Egidio de Tebaldis e quelli toledani e italo-siciliani. Le prime traduzioni nel campo della matematica dall'arabo in latino risalgono al XII secolo; poche versioni precedenti contenevano solo indicazioni pratiche per l'agrimensore ed erano prive della parte teorica³⁷, cosicché la diffusione degli *Elementi* assume la forma di una scoperta rivoluzionaria.

Euclide era stato tradotto da oltre quaranta studiosi, al-Hajjāj (c. 786-833) e il persiano al-Nayrizī (c. 922) fra i primi; Ishāq ibn Ḥonayn (m. 910) aveva eseguito una versione rivista da Thābit b. Qorrah (m. 901); Qusṭā b. Lūqā (m. 912) trattò dei libri XIV e XV. In Occidente gli *Elementi* sono commenta-

ti da Alberto Magno e da Ruggero Bacone sulla base delle versioni II e III di Adelardo di Bath, nelle quali sono presenti accenni al *Commento* di al-Nayrizī tradotto da Gerardo da Cremona. I lavori di Domenico Gundisalvi contengono marcati caratteri di derivazione islamica araba e persiana, acquisita tramite i libri di Avicenna latino, gli *Elementi*, gli *Strumenti idraulici* di Archimede, l'*Almagesto* di Tolomeo, le *Coniche* di Apollonio, la *Meccanica* di Erone, gli *Elementa Geometriae* di Menelao. Una ragione dell'interessamento per testi greci e latini è fornita dallo storico ibn Khaldūn (1332 -1406) nelle *Muqaddima* ('Premesse' [alla Storia]). Non condizionato da preconcetti etnici o religiosi, egli sottolinea il significativo contributo dato alle Arti, alle Scienze

³⁷ Allard, André, "Les Mathématiques arabes en Occident." In Rashed, Roshdi (ed.), *Histoire des sciences arabes*, Paris: Seuil, 1997, vol. I, pp. 199-229, vol. II, p. 211.

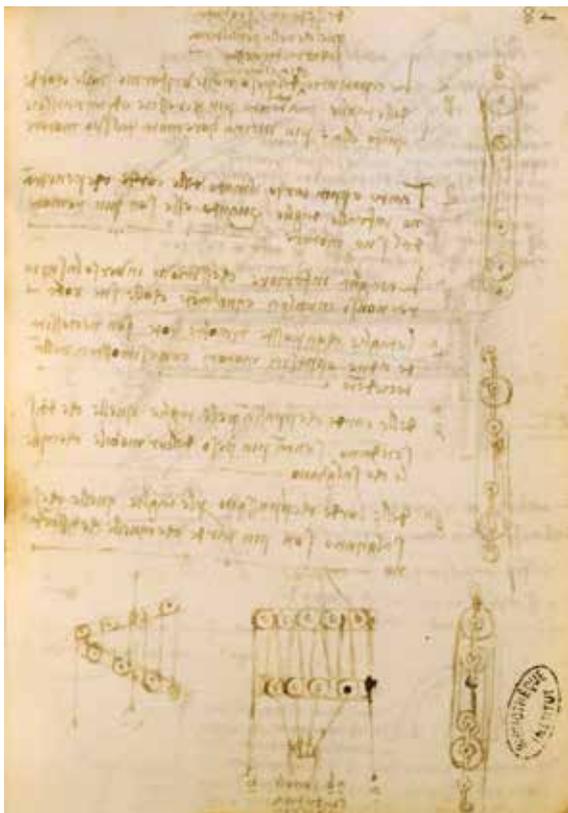


Fig. 4 - Leonardo, *Studi di ingranaggi*, Ms. G, f. 82r, c. 1515. Paris, Bibliothèque de l'Institut de France (da Fac-simile dell'Edizionale Nazionale dei Disegni e dei Manoscritti di Leonardo).

e alle Tecniche da popoli stanziali rispetto a quelli espressi da tribù arabe beduine; fra quanti hanno dato un apporto consistente, colloca Greci, Romani e Persiani. L'assenza di una civiltà stanziale in grado di produrre monumenti aveva portato all'impiego di materiali deperibili da parte delle tribù arabe, mentre la scarsa produzione o l'importazione di pietra e marmo provocava lo smembramento degli edifici esistenti per recuperare e

riutilizzare il materiale³⁸. Lo studioso precisa che alcune tecniche e arti sono state importate dagli Arabi da Cina, India, Turchia e da nazioni cristiane sviluppandole con l'apporto degli antichi popoli Persiani, Nabatei, Copti, Israeliti, Greci e Romani³⁹.

Anche testi letterari offrono spunti di riflessione. In *Le Sette Principesse* il poeta persiano Nezāmī di Ganje (1141-1204), con riferimento all'architetto cercato da No'mān per la costruzione del castello di Khavarnāq fa dire ai servitori:

[...] Un artigiano degno di te [...] esiste ed è un famoso architetto del paese di Rūm, così abile che maneggia la pietra come cera, destro, agile, dal delicato lavoro, un discendente di Sām che si chiama Semnār [...]. Sebbene egli sia noto come architetto, è anche maestro di mille pittori, inoltre è osservatore attento degli astri e conoscitore delle altezze celesti, e il suo sguardo, dalla coda del ragno dell'astrolabio, ha intessuto mucillaginose tele nei cieli. Acuto come Apollonio il Greco, sa nel contempo fissare tavole d'astri e sciogliere talismani [...].

L'architetto competente proviene da Occidente, ha abilità multiformi non diversamente dall'architetto rinascimentale ed è preparato in poesia e musica; infatti un'epigrafe riporta: "Omar al-Wadi, figlio di Dovār figlio di Radān l'Iraniano, ingegnere, menestrello, primo cantore e musico [...]",⁴⁰ mentre l'anonimo autore dello scomparso *Sorurnāme* – una sorta di *Liber Auguralis* – precisa di avere letto che alcune tecniche lapidee erano state utilizzate

³⁸ Khaldūn, Ibn, *The Muqaddimah. An introduction to History*, trad. F. Rosenthal, New York: Pantheon Book, 1958, vol. II, p. 347.

³⁹ *Ivī*, vol. II, p. 132.

⁴⁰ Satude, Manucehr, "Honārmāndān-e doure-yeislāmī" (Artisti del periodo islamico). In Yusūf Kiānī, Mohammad (ed.), «Ostādkārān, Mi'mārān-e doure-ye eslāmī», Tehrān, Vezārāt-e Nirū, 1366 H./1988-9, pp. 426-445. L'autore si occupa dei carpentieri e di altre figure impiegate in edilizia.

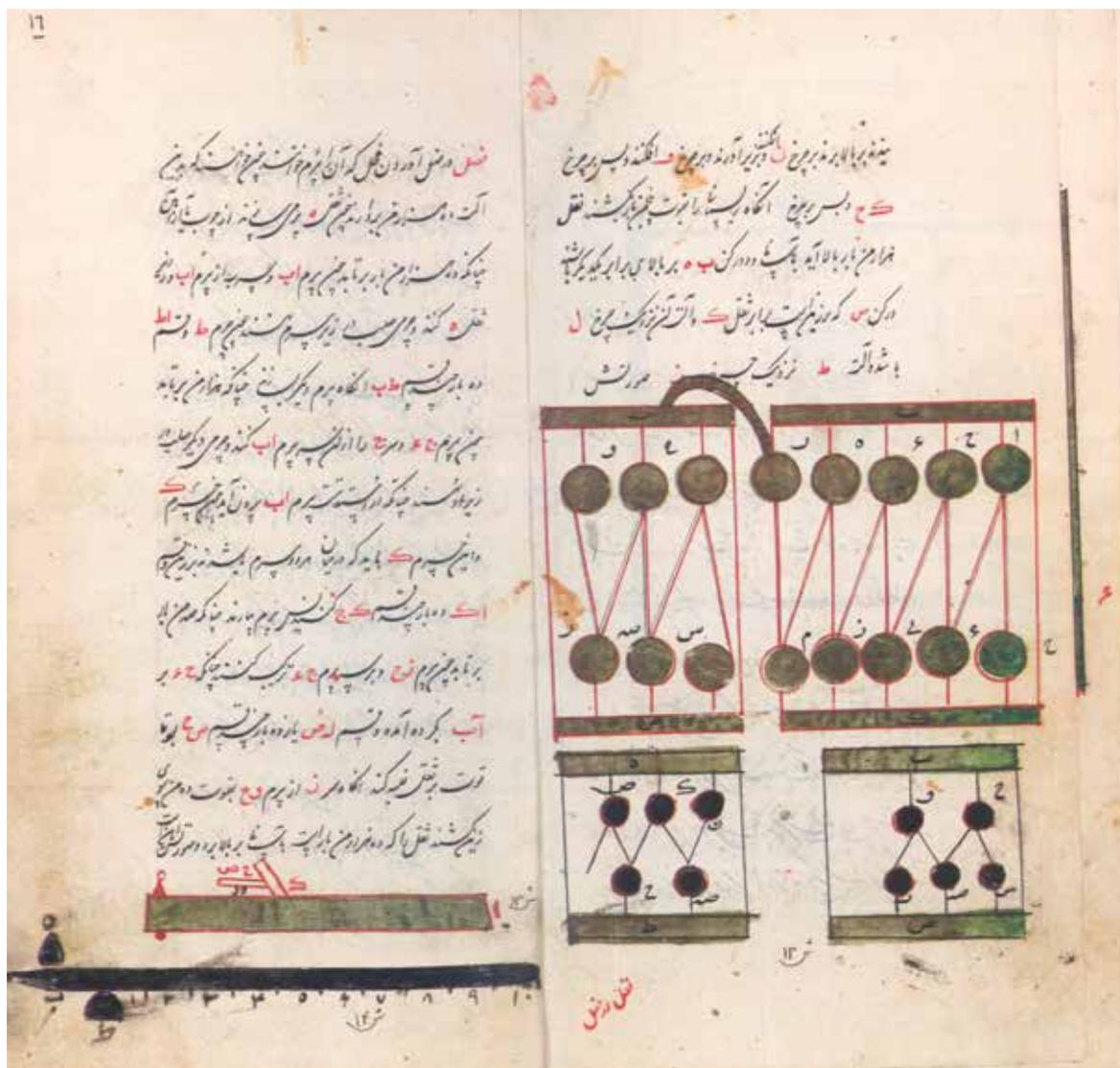


Fig. 5 - Università di Tehrān, Ms. *Majmu'a* n. 2573, sec. XII-XIII, *Taglie*, ff. 13-14 (da destra verso sinistra).

da “*Kitūs* figlio di Simsar il romano”, il quale aveva costruito anche i castelli di Sadir e di Kavarnāq;⁴¹ *kitūs* è la trascrizione del latino *Citus*, cioè militare dell’avanguardia⁴². Fra i secoli X e XII la cognizione delle leggi della meccanica e della statica con riferimenti ad Archimede e Menelao consente di costruire bilance idrostatiche utili anche agli

alchimisti che tentano la trasmutazione dei metalli radicandola nella ricerca per la trasformazione dell’individuo in senso filosofico. Il progresso nelle Matematiche con la misurazione coinvolge l’agrimensura, la cui strumentazione applica i principi della misurazione del cielo; gli esemplari inventati da Karājī sono corredati da teoremi e dimostra-

⁴¹ Fonte documentaria e favola concordano.
⁴² Ferriello, “Il sapere tecnico-scientifico”, cit., 1997-98, p. 8.

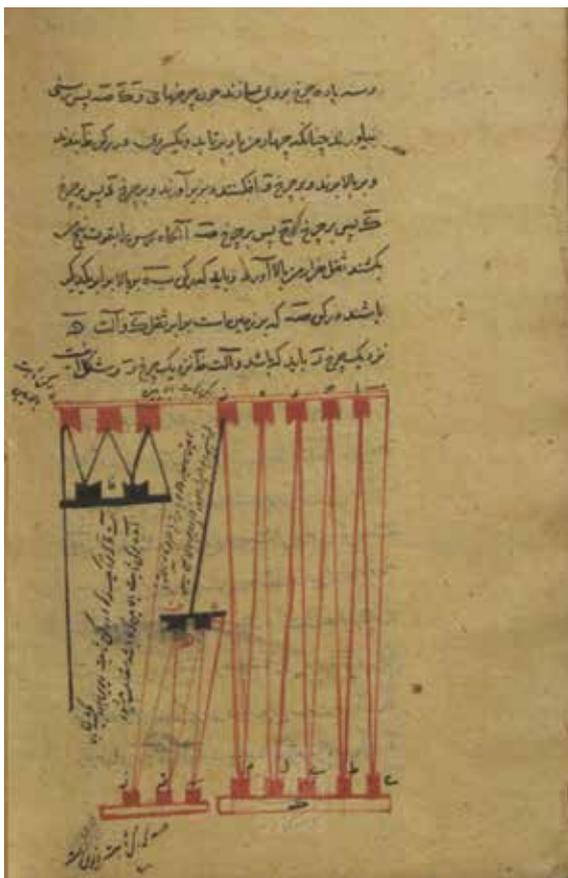


Fig. 6 - Tehrān, Fondazione Malek, Ms. 5750, sec. XII-XIII, *Taglie*, f. 8.

zioni di geometria, mentre per i modelli antichi egli scrive: “ho visto utilizzare”.

I testi destinati al *masihā* (agrimensore) – il corrispettivo del *Gromaticus Vetus* – descrivono strumenti topografici: livelle ad acqua e corobate di vitruviana memoria sono espone nella *Guida per l'agricoltura* (c. 1130) compilata

dal sivigliano Ibn al-'Awwam⁴³. L'attrezzatura rinvia alla diottra di Erone, che Giambattista Venturi espone nei *Commentarj sopra la storia e le teorie dell'Ottica* del 1814. La versione araba era stata eseguita da Abū Ja'far Khwāzīnī Khorāsānī (940–998), che la emendò componendo un disperso lavoro dal titolo omonimo; fra le applicazioni attribuite a Eratostene vi era inoltre una diottra per misurare punti distanti⁴⁴. Lo studio dei fenomeni ottici coinvolse invece Naṣīr al-dīn al-Ṭūsī (1201–1274), che si inserisce nella scia di al-Kindī (801–873), di Ibn al-Haytham (965–1040) e di Erone.

L'Estrazione delle acque nascoste di Karājī è un trattato di ingegneria idraulica compilato entro il 1017; ha una struttura ragionata, contiene richiami a Vitruvio, Plinio, Seneca, Ippocrate, Aristotele ed è arricchito da dimostrazioni matematiche sulle quali si basano le livelle con traguardo a tubo, a lastra e a piastra (Figg. 7–8)⁴⁵. Il riferimento agli antichi è espresso già nel prologo: “Ho letto antichi testi, ma li ho trovati manchevoli e inutili allo scopo [...] perciò mi sono messo a comporre [...]”⁴⁶. Per convalidare la validità del suo nuovo metodo di calcolo, Abū 'Abdallāh Moḥammad Musā'al-Khwārazmī⁴⁷ (c. 780–c. 850) nell'al-Jabra'-wa'l-muqābāla (c. 830) ripropone gli esercizi di Euclide, la cui esattezza è incontestata, ed estende la medesima finalità a problemi idraulici e topografici e a questioni ereditarie. L'Algebra è tradotta da Adelardo

⁴³ Ebn El- Awam, Zacaria Jahia Aben Mohamed Ibn Ahmed Sevillano, *Kitāb al-Filāha* (ed. Josef A. Banqueri), Madrid: Imprenta Real, 1802; rist. anast., note di G. Sánchez y J. E. Hernández Bermejo, Madrid 1992, parte I, § 3, pp. 147–151.

⁴⁴ Loria, Gino, *Le Scienze esatte nell'antica Grecia*, Milano: U. Hoepli, 1914; rist. anastatica, Modena: Ist. Editoriale cisalpino-goliardica, 1987, p. 553.

⁴⁵ La Fig. 7 è rielab. da: Golāmreza Kuros, *Āb va fann-e ābyārī dar Irān-e bāstān*, Shahrsarz Alley, Tehrān 1350 H./1972–1973 ca.

⁴⁶ Ferriello, Giuseppina, “I ‘costruttori’ ed il ‘costruire’ nel Kitāb (Libro) del mondo islamico fra il VII ed il XVII secolo.” *Atti Accademia Pontaniana*, n.s., vol. LIII, 2005, pp. 127–146.

⁴⁷ L'introduzione, che spiega le finalità, è nell'edizione persiana: Khadivjam, Huseyn, *Moḥammad Musā Khwārazmī, Jabr wa muqābalah*, Tehrān, 1343 H./1985 ca.

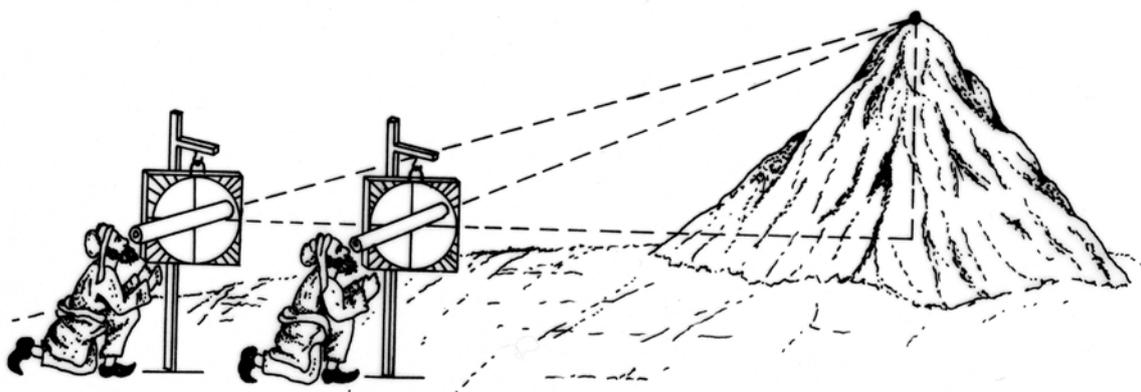


Fig. 7 - Livella a piastra e lastra con traguardo a tubo per distanze e altezze, progettata da Karajī (m. c. 1017) (da Ferriello, *L'estrazione delle acque nascoste*, cit., 2007, rielab. da Kuros).

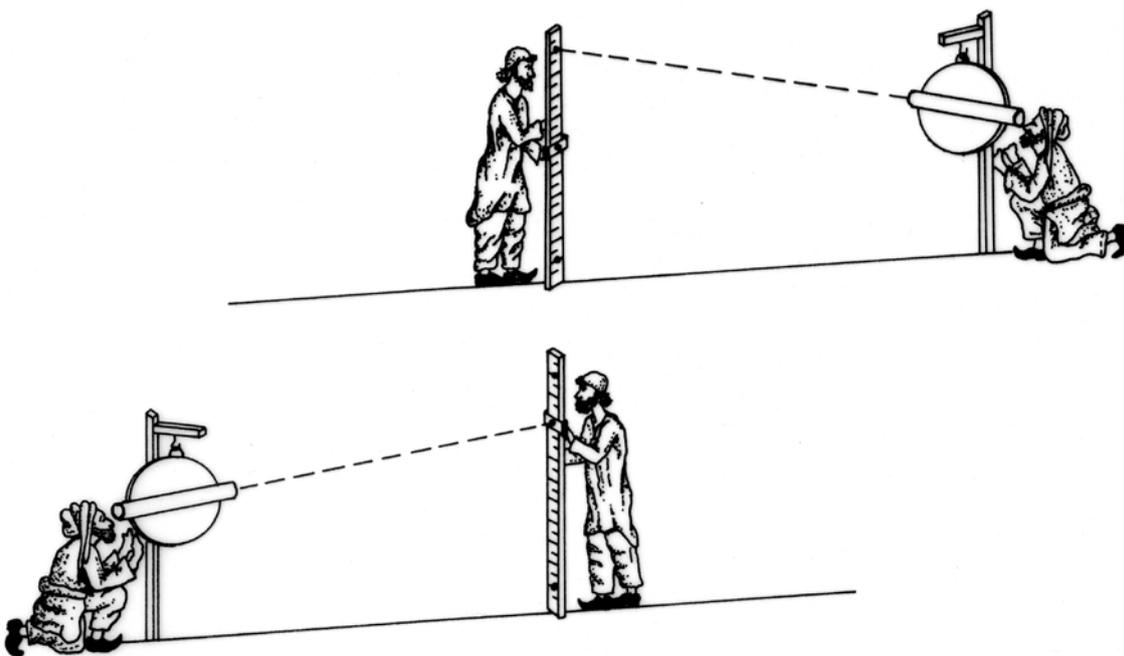


Fig. 8 - Livella a piastra e lastra con traguardo a tubo progettata da Karajī (m. c. 1017) (da Ferriello, *L'estrazione delle acque nascoste*, cit., 2007, rielab. da Kuros).

di Bath (c. 1080-1150) e da Roberto di Chester nel 1145⁴⁸ e poi da Gerardo da Cremona. Platone da Tivoli, volgendo in latino il *Liber*

embadorum, opera ebraica di Abram Bar Hiyya (Savasorda), traduce la parte sull'agrimensura⁴⁹; il testo più completo è il *Liber Alchorismi de*

⁴⁸ Youschkevitch, Adolf P., *Les Mathematiques Arabes: VIIIe-XVe Siecles*, Paris: Librairie Philosophique J.Vrin, 1976, p. 16.

⁴⁹ “[...] Oggetto di questo libro è il calcolo in caso di eredità e di possedimenti, di suddivisioni in caso di par-

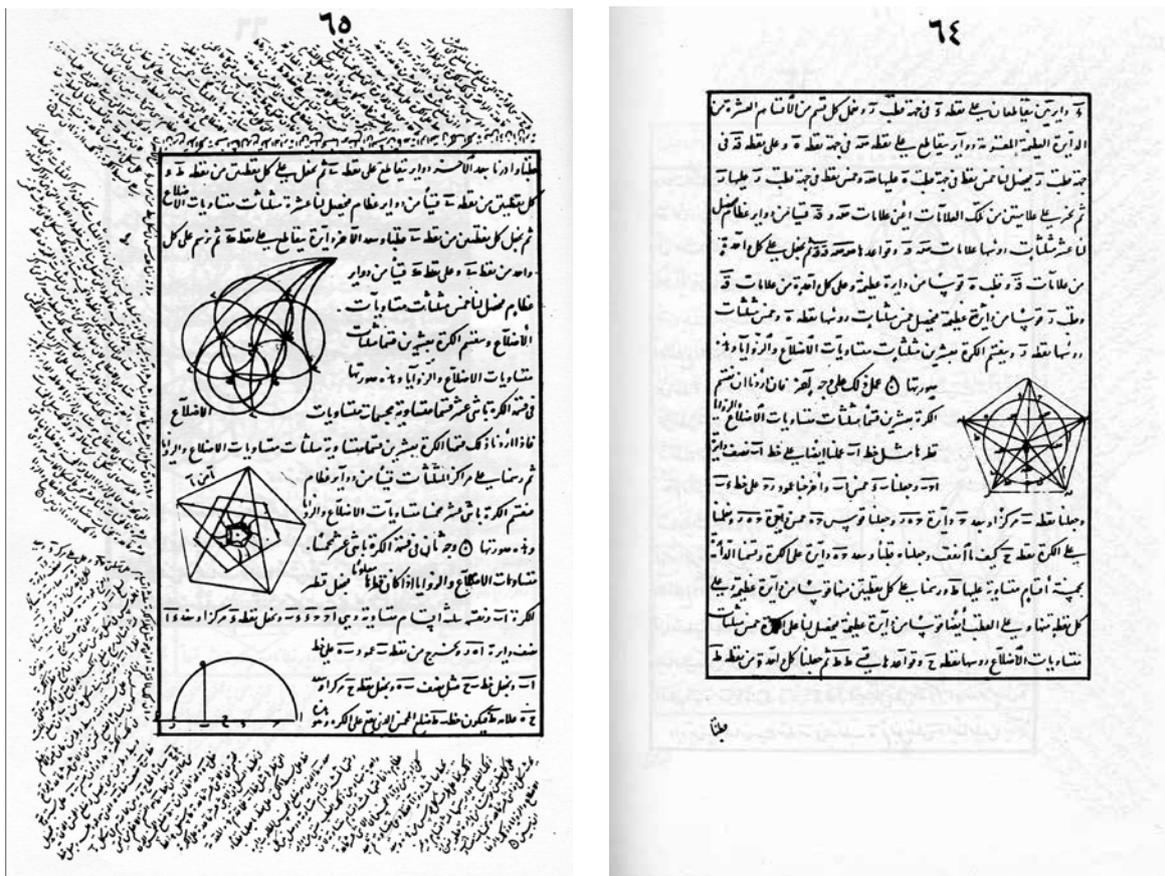


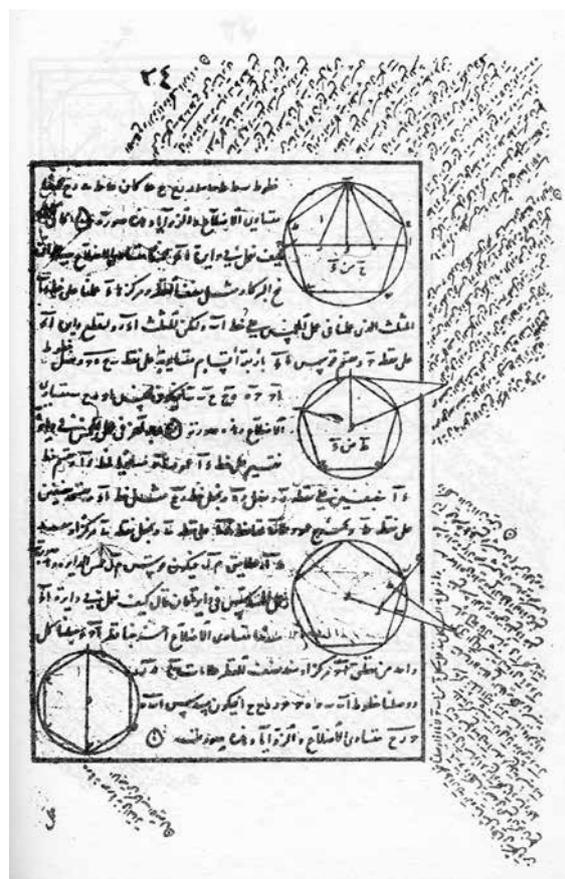
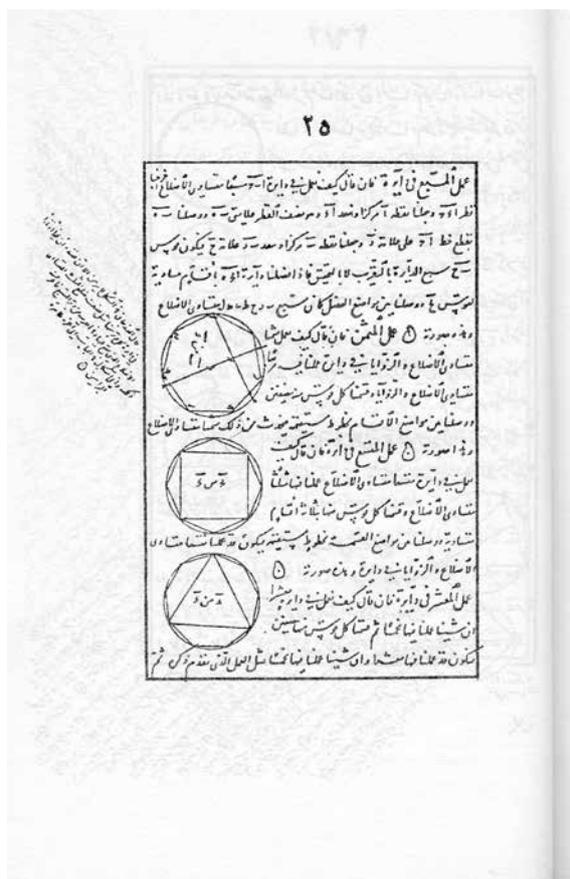
Fig. 9 - Abū al-Wafā', *Kitāb-e a'māl al-handasa* (Libro di costruzioni geometriche), Istanbul, Ayasofiya, Süleymaniye, Ms. 2753, sec. XII-XIII, Costruzioni geometriche, ff. 65-64 e 25-24 qui sopra e nella pagina a fianco (da Ghorbani, Amineh, Sheykh, Mohammad 'Ali, M.A., *Buzdjani Nameh*, Tehran, Enqelāb Eslāmi publishing and educational organization, 1992).

practica arismetice (LA) di *Magister Johannes* (m. 1215). Nel XIII secolo il lavoro raggiunge la notorietà insieme al *De numeris datis* di Giordano Nemorario e alla *summa* costituita dal *Liber abaci* di Leonardo Pisano, compilata nel 1202 e rivista nel 1228 inserendo riferimenti alla matematica islamica e greca. Sulla scorta dell'*Algebra* sono compilati il *Liber algorismi de practica arismetrice*, forse di Giovanni di Si-

viglia o di Toledo detto *Johannes Hispalensis*, operante a Toledo fra il 1135 e il 1153, e il *Liber isagogarum Alchorismi in artem astronomicam a Magistro A. compositus*. L'appellativo di "*Magister A.*" forse designa Adelardo di Bath della scuola di Toledo; ma potrebbe indicare Roberto di Chester, traduttore dell'*Algebra* di Khwārazmī nel 1145⁵⁰. Una traduzione latina dell'*Algebra* è documentata a Firenze nel XIV secolo⁵¹.

tecipazioni ereditarie, di prescrizioni governative ed anche nel caso di qualsiasi altra questione relativa a contrattazioni [...] suddivisione dei terreni, misurazioni [delle portate] fluviali, topografia e nelle altre trattazioni di scienze matematiche, [...] (Khadijvam, Huseyn, *Mohammad Musā Khwārazmī* cit., p. 37, traduz. di G. Ferriello).

⁵⁰ Ferriello, "Il sapere tecnico-scientifico", cit., 1997-98, pp. 91-93.
⁵¹ Ambrosetti, Nadia, "Una traduzione dell'*Algebra* di al-Khwarizmi nella Firenze del XIV secolo." *Bollettino di*



I rinascimentali attingono a lavori di musulmani senza citarli, come Fibonacci (1180-c. 1256) per il *Fakhrī* di Karājī, le cui opere si diffondono in forma anonima tramite lui e Pacioli. Il Pisano in nord Africa impara l’arabo per apprendere i nuovi metodi di calcolo utili all’attività mercantile di famiglia; egli dispone inoltre della copia latina dell’*Algebra* di Khwārazmī di Gerardo da Cremona. Il calcolo con nove cifre più lo zero di origine indiana si diffonde agli inizi del XIII secolo grazie a due brevi opere: l’*Algorismus Vulgaris* di John of Halifax (Giovanni di Sacrobosco, m. c. 1256) e il *Carmen de algorismo* di Alexander de Ville-dieu (m. c. 1240), entrambe note al Pisano.

Un matematico che Pacioli conosce – e attraverso lui Leonardo – è Abū-’l-Wafā’ l-Buzjānī (940-998): sorprendenti sono le affinità fra le immagini di costruzioni di poligoni e lunule (Fig. 9). Originario del Māzandarān, astronomo, Buzjānī opera con al-Sadhānī e Abū Sahl al-Kūhī; si occupa di Matematica fiscale, di Meccanica e di Geometria; commenta l’*Algebra* e varie opere alessandrine; traduce Ipparco, Tolomeo e Pappo; scopre l’eccentricità dell’orbita lunare, la “*aequatio centri*”⁵²; traduce l’*Arithmetica* di Diofanto mediandola con l’*Algebra* di Abū Kāmil al-Miṣrī, dirige la Scuola di Baghdād. Qui, in contemporanea con la

Storia delle Scienze Matematiche, a. XXXI, n. (dic. 2001), pp. 137-166. È stata utilizzata la trascrizione dell’autrice.

⁵² Hankel, Hermann, “Storia delle Matematiche presso gli Arabi.” (Traduz. di F. Keller) *Bullettino di bibliografia e di storia delle scienze matematiche e fisiche*, diretto da B. Boncompagni, a.V, 1872, pp. 348-349.

traduzione di Qustā b. Lūqā della *Meccanica*, traduce in arabo l'*Introduzione alla Meccanica* di Pappo⁵³ inclusa nell'VIII Libro della *Collezione Matematica*; studia superfici e volumi, oltre al tracciamento di poligoni e di poliedri stellati e al calcolo di solidi e di volte.

La *Majmu'a* n. 169 della B.N.F. contiene testi di topografia, agrimensura, architettura di un non meglio identificato Abū Bakr, di Anonimi e di Abū al-Wafā'. Suo è il *Kitāb-e a'māl al-handasa* ('Libro di costruzioni geometriche') in arabo, ma in linea con la tradizione persiana dell'autore⁵⁴; i testi di agrimensura sono in persiano, gli altri in arabo. Le somiglianze con quanto di lì a breve si approfondirà in Occidente è evidente (Figg. 10-11).

Quando i testi tradotti si diffondono in Occidente non sono sentiti estranei: il substrato che li accomuna al mondo classico è stato mantenuto. I musulmani adottano il principio cumulativo del sapere; lo *ḥakīm* (sapiente/saggio) si forma con lo studio e l'esperienza; è esperto in filosofia, astronomia, matematica e medicina, spesso è poeta e scrittore di 'belle lettere'; la sua formazione si avvale delle Arti del Quadrivio e del Trivio; a lui è affidata la trasmissione del sapere, come in Grecia legato alla filosofia. La classificazione delle scienze organizza le discipline in liste secondo l'analisi etimologica di Isidoro di Siviglia e connota i lavori musulmani fino al XII secolo, per trasmettersi nel XIII secolo⁵⁵ alle Università europee, dove questo tipo di let-

tura è impiegato nelle Facoltà delle Arti per superare le secolari dicotomie arte-scienza e attività teoretica-attività pratica. La suddivisione è varia: la tripartizione tra *Philosophia moralis* (Etica), *Philosophia naturalis* (Fisica) e *Philosophia rationalis* (Logica) o quella aristotelica con i due insiemi rappresentati da *Philosophia theorica* e *Philosophia practica*. Le dottrine sono inserite ora nell'una, ora nell'altra classe in relazione al loro grado di astrazione. Le prime raccolte enciclopediche risalgono all'XI secolo e sono ancora caratterizzate da tradizioni locali; la *Jāme al-'olum*⁵⁶ ('L'insieme delle Scienze') di Fakhr ad-dīnar-Rāzī (m. 1209-1210) è un'enciclopedia dedicata a tutte le scienze e finalizzata alla sistematizzazione del sapere.

Lo stato della conoscenza delle opere filosofiche di Aristotele è delineato da *al-Kindī* (801-873), il quale nella *Epistola sul numero dei libri di Aristotele e sui requisiti per lo studio della filosofia* classifica i libri in logica, fisica, anima, teologia e morale, trattando delle scienze matematiche, della sostanza e degli attributi, della filosofia e delle scienze umane differenziate dalle scienze profetiche⁵⁷; in linea col pensiero greco, ritiene che la conoscenza delle scienze "superiori" dipenda dalle "inferiori", che forniscono i principi e gli argomenti, senza i quali non è possibile procedere nella conoscenza; le matematiche sono strumento irrinunciabile in questioni di carattere naturale relative a fisica, ottica e medicina e per i

⁵³ Jackson, Davide E.P., "Scholarship in Abbassid Baghdad with special reference to Greek Mechanics in Arabic." *Quaderni di studi arabi*, nn. 5-6, 1987-88, pp. 369-390.

⁵⁴ Kheirandish, Elaheh, "An early tradition in practical geometry: the telling lines of unique Arabic and Persian sources." In Necipoğlu, Gülru (ed.), *The Arts of ornamental Geometry*, Leiden-Boston: Brill, 2017, pp. 79-144.

⁵⁵ Weijers, Olga, *Le Maniement du savoir, Pratique intellectuelles à l'époque des premières universités (XIIIe-XIVe siècle)*, Bruxelles: Brepols, 1996.

⁵⁶ Vesel, Ziva, "La Jāme' al-'Olum de Fakhr al-Din Rāzī et l'état de la connaissance scientifique dans l'Iran médiéval." In Gnoli, Gherardo e Panaino, Antonio (eds.), *Proceedings of the first European Conference of Iranian Studies*, Roma: ISMEO, 1990, pp. 571-578.

⁵⁷ Jolivet, Jean, "Classification des Sciences". In Rashed, *Histoire des sciences arabes*, cit., 1997, pp. 255-270.



Fig. 10 - Abū al-Wafā', *Kitāb-e a'māl al-handasa* (Libro di costruzioni geometriche), Istanbul, Ayasofiya, Süleymaniye, Ms. 2753, sec. XII-XIII, ff. 63-62, 61-60, 69-68 (da Ghorbani, Amineh, Sheykhani, Mohammad 'Ali, M.A., *Buzdjani Nameh*, Tehran, Enqelāb Eslāmi publishing and educational organization, 1992).

medicamenti correlati anche all'agricoltura⁵⁸. La prima enciclopedia filosofica persiana è il *Dānesh Nāme* (1023-1037) di un autore ben

noto a Leonardo: Abū 'Ali al-Ḥusayn Ibn Sinā (Avicenna). Le matematiche includono geometria, astronomia, aritmetica e musica;

⁵⁸ Cortabarría Beita, Angel, "La Classification del Sciences chez al-Kindi." *Institut Dominicain d'études orientales du Caire, Mélanges*, N° II, 1972, pp. 49-76. Il brano citato (pp. 56-57) è tratto dal *De erroribus Medicorum secundum Fratrem Rogerium Bacon de Ordine Minorum*. Ed. opera hactenus inedita Rogeri Baconi, fasc. IX, Oxonii, 1928.

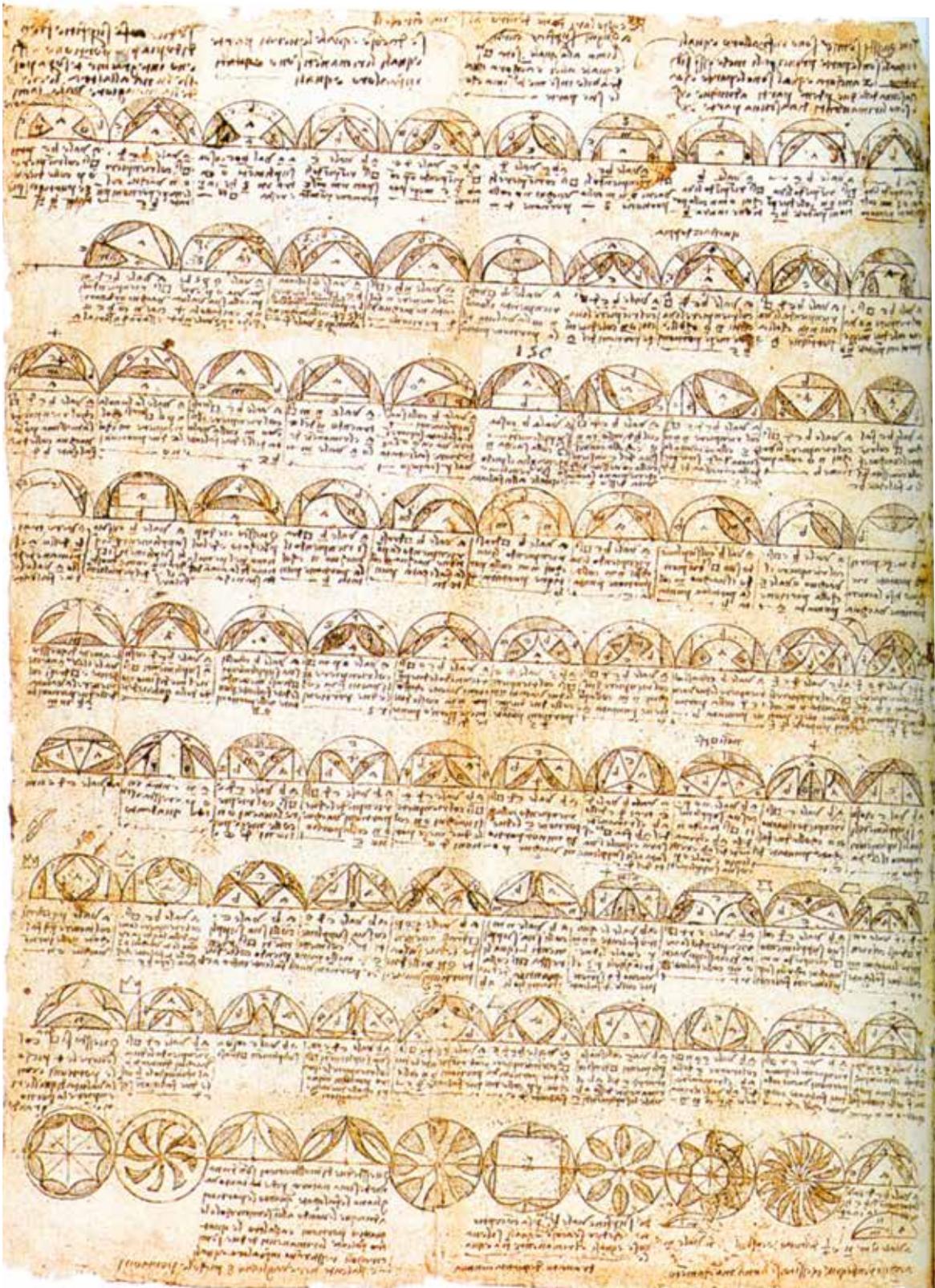


Fig. II - Leonardo, *Studi di lunule*, Codice Atlantico, f. 451r [167r-a-b], c. 1490. Milano, Veneranda Biblioteca Ambrosiana (da Fac-simile dell'Edizionale Nazionale dei Disegni e dei Manoscritti di Leonardo).

la geometria si ispira a Euclide, l'astronomia all'*Almagesto* tolemaico, le relazioni logiche e ontologiche ad Aristotele: genere e specie, accidente e sostanza, generale e particolare. La *Risāla fī-l-aqsām al-'olūm al-'aqliyya* ('Epistola sulle parti delle scienze intellettuali') perfeziona riferimenti a singole scienze⁵⁹ con l'ulteriore ripartizione delle 'Filosofie matematiche' in "parti principali" – scienza dei numeri, geometria, astronomia, musica – e in "parti secondarie" o arte della somma, della sottrazione e della divisione secondo il calcolo indiano, arte dell'*al-jabr* e dell'*al-muqābala* (trasporto e uguaglianza), arte della misurazione, dei congegni, dello spostamento dei corpi pesanti, dei pesi e delle bilance, di macchine particolari, della prospettiva, degli specchi e dell'idraulica. Tutte afferiscono alla geometria. Avicenna è secondo solo ad Aristotele; a lui è attribuito il *Me'yār al-Uqūl* ('La misura/modello dell'intelletto') pubblicato a stampa nel 1952 a Tehrān, ma l'assegnazione è contestabile su basi linguistiche e per la presenza – nell'omologo manoscritto di Parigi, *Supplement Persan n° 369* – della bilancia idrostatica a tre bracci⁶⁰ che è di Abū'l-Faḥ al-Khāzinī (XI-inizi XII secolo)⁶¹. Anche il titolo merita qualche precisazione: *Me'yār al-Uqūl* allude ad uno strumento di misura – la bilancia – come è confermato da diversi manoscritti tradotti e studiati che titolano così l'insero sulla bilancia idrostatica; invece J. Homā'ī⁶² trasferisce il titolo all'elaborato sulle macchine

e tace sulla presenza – o meno – dell'elaborato sulla bilancia nei due codici X e S di Lakhanu in India, che egli utilizza per la pubblicazione⁶³. Lo strumento misuratore deriva dalla bilancia di Archimede ed è in diversi testimoni persiani della *Meccanica*, dove la parte descrittiva è circoscritta alla spiegazione della fase operativa della 'pesa' ed è priva della dissertazione storico-critica. L'influsso archimedeo espresso negli studi di meccanica e sui pesi specifici è chiaro nelle traduzioni dei Banū Mūsā', delle quali si hanno tracce nelle opere di Giordano Nemorario, Fibonacci, Ruggero Bacon, Campano di Novara, Nicola Oresme, Thomas Bradwardine, Francesco di Ferrara, Alberto di Sassonia, Wigandus Durnheimer e di altri anonimi.

I due manoscritti sul moto perpetuo si inseriscono dunque in un ambiente di studi vivace e ricco. Il manoscritto che ha maggiore somiglianza con soluzioni rinascimentali è nella *Majmu'a* (Raccolta) n. 2573 dell'Università di Tehrān, preceduto da un *Trattato sul sollevamento dei corpi, sui nomi degli strumenti per sollevare pesi e sul loro utilizzo* in persiano, che è il II Libro della *Meccanica* di Erone, non identificato da chi ha redatto l'inventario, ed è seguito da un testo di alchimia in arabo sulla trasmutazione dei metalli. Considerato parte dell'opera di Erone, il breve elaborato manca nell'elenco vergato su uno dei fogli di guardia all'inizio del volumetto (Fig. 12).

⁵⁹ Jolivet, "Classification des Sciences", cit., 1997, pp. 255-270; Mimoune, Rabia, "Épître sur les parties des Sciences intellectuelles d'Abu 'Ali al-Ḥusayn Ibn Sinā". In Jolivet, Jean, Rashed, Roshdi (eds), *Études sur Avicenne*, Paris: Les Belle Lettres, 1984, pp. 143-151.

⁶⁰ Ferriello, "Antichi testi di Meccanica", cit., 2020, pp. 198-200.

⁶¹ Khanikoff, Nikolai, "Analysis and extracts of Book of the Balance of Wisdom." *Journal of American Oriental Society*, vol. VI, 1860; rist. anastatica Vaduz: Liechtenstein, 1982, pp. 1-128.

⁶² Homā'ī, Jalā l al-Dīn, *Me'yār al-'uqūl*, Tehrān: Estevār ashka. 1952/3.

⁶³ Ferriello, "The Lifter of heavy bodies", cit., 2007, pp. 329-334.

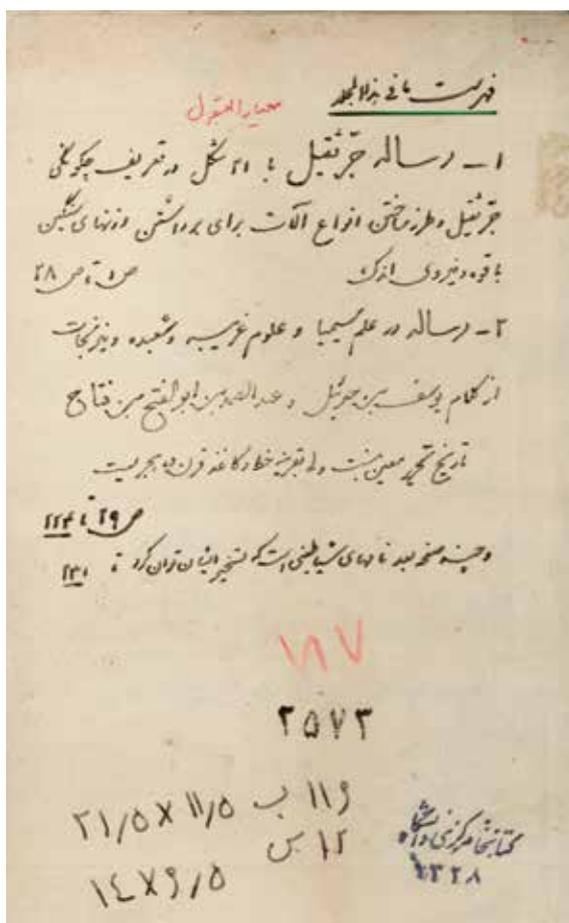


Fig. 12 - Università di Tehrān, Ms. 2573, sec. XII-XIII, foglio di guardia con indice, s.n.

Il disegno in Fig. 13 rimanda immediatamente alle macchine di Villard de Honnecourt, di Taccola e di Leonardo.

Il libricino – cm. 21x11 – ha la copertina rivestita di cuoio marrone scuro bordata con un nastro di pelle di colore azzurro-verde con decorazioni impresse a fuoco, distanziato dal filo esterno; i fogli cuciti con cotone ritorto si staccano dalla costola; per usura sono stati asportati i fogli sulla contro-copertina interna, che mostra parzialmente la struttura;



Fig. 13 - Università di Tehrān, Ms. 2573, sec. XII-XIII, f. 26.

le condizioni del codice sono cattive per lo stato dei fogli invasi dall'umidità e consunti per l'uso frequente.

Il testo di Erone⁶⁴ occupa i ff. 1-25; il paragrafo conclusivo con le raccomandazioni termina con l'immagine di un *baroulkos* rappresentato in pianta-prospetto con le parti piene della cassa e delle carrucole colorate grossolanamente in oro all'interno dei tratti perimetrali marcati a china nera. Il paragrafo, presente anche in altri esemplari, dà

⁶⁴ I codici persiani mettono insieme le cinque macchine semplici e composte, evidenziando un interesse pratico-applicativo che riguarda tutte; nella versione araba, invece, le macchine semplici sono nel II L., le composte nel III L.

consigli sulla costruzione e sul montaggio di componenti e di apparati meccanici: come scanalare una vite servendosi di un triangolo rettangolo; come installare ruote sfalsate che devono essere dritte; come valutare l'influenza della deviazione della corda sul suo scorrimento sulle ruote; come rispettare l'uguaglianza dell'attrito fra le ruote dei congegni. Segue il testo sul moto perpetuo introdotto dal titolo rubricato sull'ultimo rigo del f. 25 e termina dopo i primi tre rigi sul f. 27 (Fig. 13).

Introdotta dal disegno di un recipiente per immersione, inizia poi il testo arabo di alchimia, che si estende fino a f. 131; i nomi degli elementi e i procedimenti sono crittografati a causa del carattere 'magico' dell'argomento⁶⁵. Il calligrafo dei tre testi è lo stesso, ma i disegnatori sono diversi: almeno due per il libro di Erone, un terzo per la ruota tracciata con differente tecnica grafica e senza la colorazione oro dei disegni che precedono. Esclusivo è il colore giallo della corona circolare della ruota; il tratto uncinato terminale indica l'oscillazione dei bracci articolati, come nella ruota di Taccola. La cifra 20 accompagnata dalla lettera ش (SH) abbrevia شکل (*Shokl*, 'disegno/immagine') e convalida la mancata separazione dal testo che precede.

La parte 'eroniana' contiene salti e adattamenti di testo e attua una sorta di *'ponderatio visiva'* utilizzando i punti diacritici. La ricerca estetica è sottolineata dalla colorazione oro e dalla scarsa attenzione per lo scritto. L'elaborato sulla ruota è breve e preciso. L'osservatore non ha difficoltà a capire che la parte terminale delle aste è mobile; esse, infatti, sono curvate secondo una prospettiva elementare espressa pure

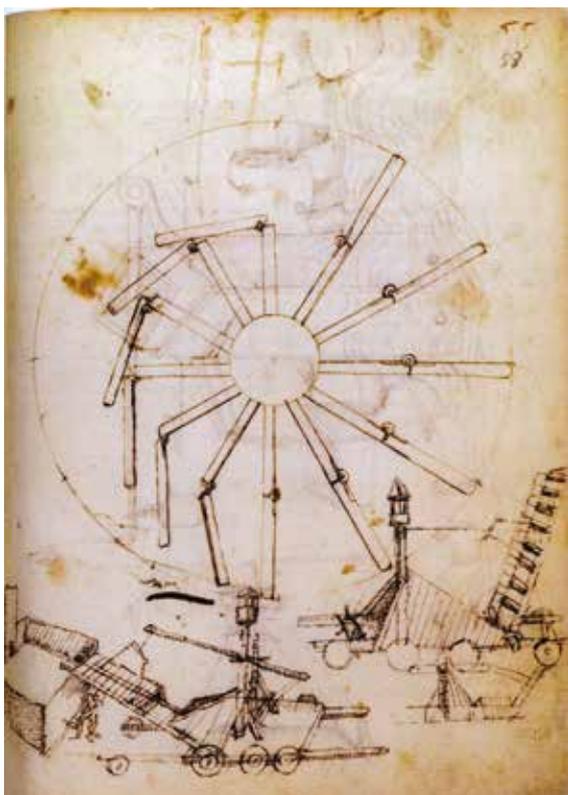
nella 'sparizione' dell'asse su cui è montata la ruota. L'espedito indica la terza dimensione e si riscontra anche in altri testimoni.

Lo scritto contiene lemmi che precisano passaggi meno chiari dell'omologo Ms. n. 351 di Manchester. Il verbo 'اويختن' *avikhtan* traduce "appendere, penzolare" e ha guidato il disegnatore verso la buona resa del significato, migliorando anche il congegno. Un lemma collegato è 'مسمار' *mesmār*, che traduce "cuneo, blocchetto e chiodo", ma che può dare adito a traduzioni differenti facendo sbagliare il disegno, come dimostreremo nel secondo modello di ruota. Concluso il montaggio, soddisfacendo l'equilibrio delle forze e quello delle distanze, la ruota dovrebbe girare senza altro intervento: "Quando la sezione S è oltre il centro della ruota, anche la sezione H è oltre il centro della ruota e il rapporto fra i pesi è uguale al rapporto fra distanze ed esiste equilibrio. Quindi, ininterrottamente ogni lato si sposta verso il basso e trascina in alto [un altro] lato e la ruota AB continua a girare"⁶⁶. Il *mascal* è una moneta di dimensioni molto ridotte utilizzata qui per bilanciare i pesi e assicurare che le aste diametralmente opposte siano equilibrate.

Intriganti sono le similitudini con ruote rinascimentali, sebbene le tecniche di rappresentazione siano diverse, più raffinate e formalmente corrette nei testi quattro-cinquecenteschi. Ma la ruota è chiaramente la stessa e le aste sono ben descritte nel codice di Tehrān: dodici pezzi di legno di dimensioni uguali, ai quali sono appesi altrettanti cilindretti incernierati con chiodi passanti in fori identici praticati alle estremità dei legnetti. Interessanti raffronti sono possibili con le ruote per il moto perpetuo disegnate

⁶⁵ Esula dal nostro studio per argomento e lingua.

⁶⁶ Cfr. *Appendice documentaria*, f. 27.



da Taccola (Fig. 14) e da Leonardo (Fig. 15). Il codice non è datato, ma è copia di un testo più antico; in base alla lingua può essere collocato entro il XII-XIII secolo. La grafia è la *nasta'liq*, che ha un uso esteso fino al XVII secolo. Per la datazione bisogna ricorrere alle analisi linguistica e iconica; infatti la sola data vergata su un foglio di guardia è il 1280 H. (1863-4), ma essa si riferisce alla revisione. La ruota è disegnata frontalmente, ma l'asse passante su cui è montata sparisce per un tratto, per poi ricomparire dietro la ruota in una visione prospettica che rinveniamo pure altrove.

Fig. 14 - Mariano di Jacopo detto il Taccola, Ruota per il moto perpetuo (da *Leonardo da Vinci e il Moto perpetuo*, cit., 2019).

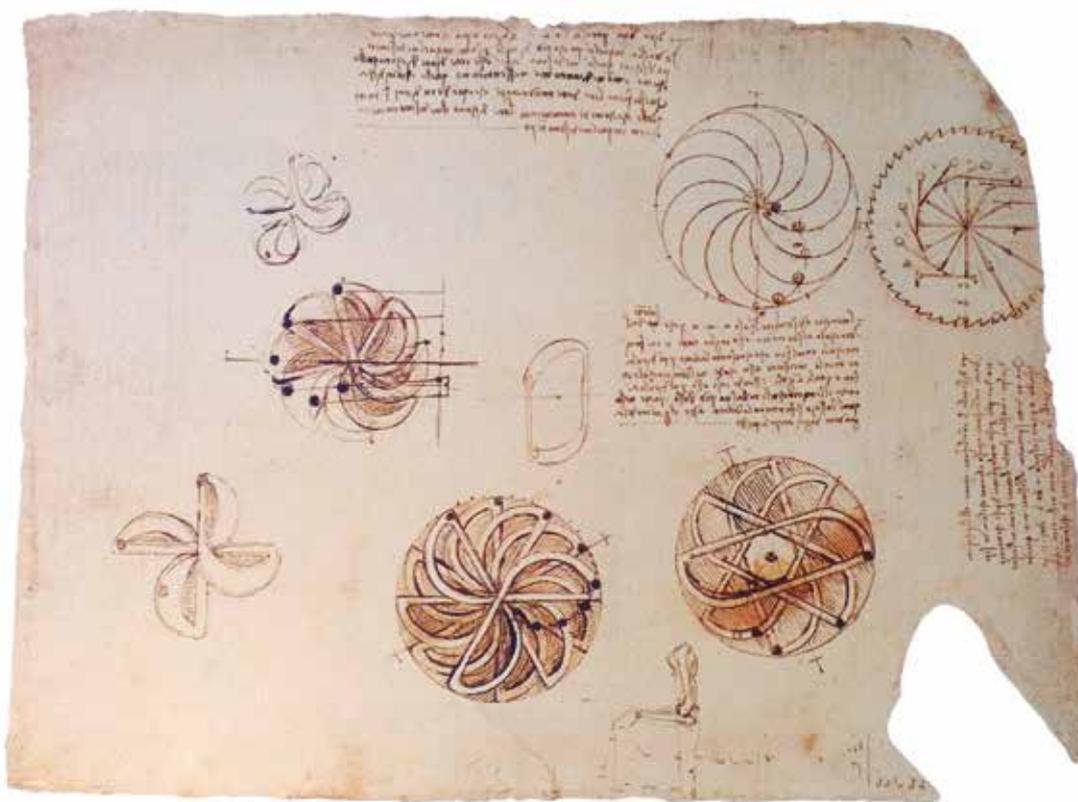


Fig. 15 - Leonardo, *Ruote per il moto perpetuo*, Codice Atlantico, f. 1062r [384r-a], c. 1493-95. Milano, Veneranda Biblioteca Ambrosiana (da Fac-simile dell'Edizionale Nazionale dei Disegni e dei Manoscritti di Leonardo).

Sintetizzato il contenuto dell'ultimo paragrafo, il Libro di Erone termina con la postilla:

چون اول شرط کرده بودیم که کتاب مختصر باید پس باید سخن گفتنادرین معنی

*“come abbiamo detto prima bisogna sintetizzare il testo del libro
e bisogna parlare ora di questo argomento”.*

Il nostro manoscritto inizia al rigo 10 di f. 25 con l'incipit:

r.10. صفت دور داءمی چنان است

“Testo sul moto perpetuo”

r.11. چرخ کنیم از چوب ضلب که قطرش دو کز بود خون حرخ آب

“Prendiamo una ruota di legno solida, il cui diametro sia di due gaz, come la ruota AB [...]”.

Lo scritto si sviluppa sul f. 27; la chiusa e il disegno sono sul f. 28. L'explicit è:

r.4. پس دایمه جانبس کرانتر بود و به کرانی

r.5. بزیرهمی آید و جانب ه بالا میکشد و چرخ آب دور همیکند

r.6. چنانکه نموده اند

r.7. بدین صورت

*“Quindi, ininterrottamente, il lato S è più pesante e la pesantezza lo porta in basso,
mentre il lato H sale in alto e la ruota AB gira
così come abbiamo mostrato.
L'immagine è la seguente⁶⁷”.*

Il secondo manoscritto persiano – il più antico – è nella miscellanea araba n. 351 della Ryland's Collection di Manchester; ha fogli di dimensioni poco maggiori del precedente codice (cm.18,5x12,5) ed è mescolato fra carte arabe del *Corpus* di Meccanica di Abū Hātim Al-Muzaffar Ibn Ismail Isfizārī al-I-sfarledī, cioè l'Eccelso (XI-XII secolo)⁶⁸.

La ruota (Fig. 16) è indicata genericamente come idraulica; le successive pagine in arabo specificano l'utilizzo per il moto perpetuo. I lemmi generici e la conclusione sono fuorvianti: “Ed è sufficiente afferrare una dopo l'altra ciascuna presa laterale – come la S – e la ruota, azionata punto per punto con la mano perché la ruota AB giri in posizione

⁶⁷ Fig. 13.

⁶⁸ Ferriello, “Antichi testi di Meccanica”, cit., 2020, pp. 198-200.

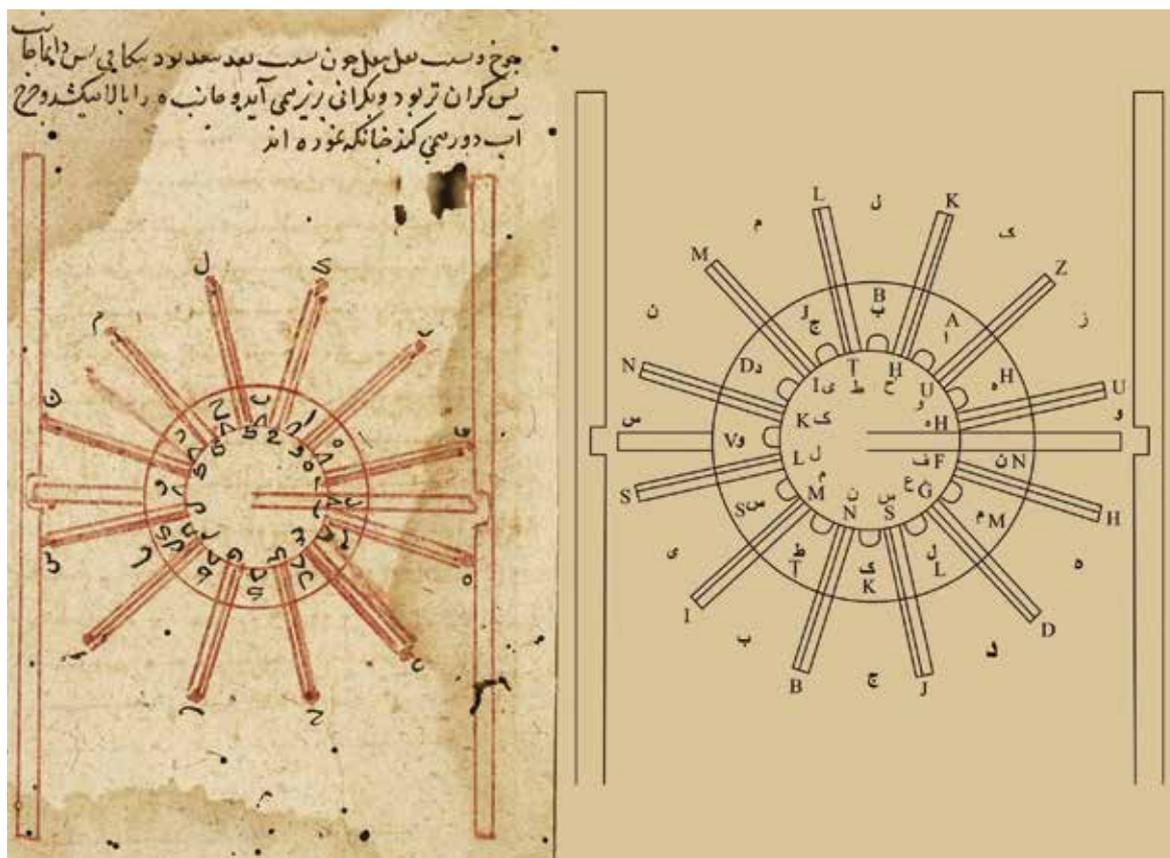


Fig. 16 - a sin: Manchester, Ryland's Collection, Ms. *Majmu'a* n. 351, sec. XI-XII, f. 28, illustraz. araba con testi persiani (da Ferriello e Gatto "Apollonius Mechanicus", cit. 2019). A destra: restituzione grafica fornita da M. Bagheri, trascriz. di G. Ferriello.

verticale". Verificato l'equilibrio fra distanze e peso, le aste vanno azionate a mano, smettendo di per sé il concetto di moto perpetuo. Il nostro manoscritto occupa due pagine, la seconda delle quali solo con tre righe scritte. L'immagine è fuorviante; inoltre mancano nello scritto lemmi dal significato preciso, che sono invece nel testimone di Tehrān. Tecnica grafica e lessico sono simili a quelli degli altri lavori del *Corpus di meccanica* di Isfizārī (fine XI-XII secolo). Lo scritto presenta poche ma significative discordanze con il testo di Tehrān. Il disegno, dirottato dal testo, è a sua volta equivoco e indirizza verso un'interpretazione errata del montaggio delle parti. Per esempio, l'autore omette di

trattare delle cerniere e il plurimo significato di *مسمار* ('cuneo, chiodo, blocchetto') lo porta a collocare blocchetti fra le aste. Il risultato è una ruota ad aste rigide, azionata a mano e come tante utilizzate per il sollevamento dell'acqua.

I due manoscritti si offrono a riflessioni sulla relazione fra testo, immagini e linguaggio tecnico, che deve essere preciso e pertinente perché il disegnatore non esperto capisca cosa deve disegnare; la somiglianza fra le ruote per il moto perpetuo persiane e rinascimentali ripropone un dilemma: simili perché fanno capo agli stessi fondamenti che portano a soluzioni affini oppure simili perché utilizzano una fonte comune?

APPENDICE DOCUMENTARIA

a cura di Giuseppina Ferriello

a) Università di Tehrān, Ms. *Majmu'a n. 2573*, sec. XII-XIII

Fra parentesi tonde sono riportati i lemmi moderni, in nota le modifiche di Hosseinzadeh.

f. 25

r. 10 دورصفت⁶⁹ داماء چنان است

f. 26

- ۱ چرخى كنيم از چوب ضلبيچنانكه قطرش دو كز بود حونخرخ آب
 ۲ و بر يك روى او داييره را⁷⁰ زنييم كه قطرش كم از قطر چرخآب بود به يك بدست
 ۳ چوندايره هك انگاه⁷¹ اين داييره را به دوازده بخشمتساوى قسمت كنيم چون
 ۴ بخشهاى ه و ح ط ي ك ل م ن س ع فو بر طرف هر قسمتيسوراخى
 ۵ كنيم چنانكهبديكر⁷² سو بيرون رود و سوراخهاى متساوى و متوازى سازيم
 ۶ پسييست و چهار پاره چوبرا بياريم⁷³ در شكل استوانهاى كوچك
 ۷ كهطول هريكيككز⁷⁴ (گز) ونيم و به وزن هم چند يكديكر⁷⁵ انگاه⁷⁶ سرايناستوانه ها
 ۸ را تپا در سوراخ كند⁷⁷ و دوازده مسمار⁷⁸ از سوراخهاى
 ۹ داييره در سازيم چنانكه اساندر وى بگردد و دو سر مسمار در دو سوراخ
 ۱۰ دو اسطوانه ازپس اسطوانههايبيست و چهار كانه (گانه) محكم كنيم چنانكه دروى و بگردد⁷⁹
 ۱۱ و كنارچوب⁸⁰ در ميان هر دو باشد و در پيش هر دو اسطوانه سدى بسايم خباكه⁸¹
 ۱۲ چون قطر چرخ موازى ان⁸² باشد دوازده اسطوانه بر استقامت قطر باشدو دوازدهديكر (ديگر) از دو
 طرفآويخته⁸³ باشدچون
 ۱۳ بندر ا ب ح د و س ك ل م ن⁸⁴ پس به هر دو سوى خارج
 ۱۴ از اين مقلهاوريم⁸⁵ چنانكه هر دوازده متساوى الاوزان باشند چون مقلهاى ا ب

⁶⁹ دامى⁷⁰ داييرها⁷¹ انگاه⁷² بدىگ⁷³ بياوريم به⁷⁴ گز⁷⁵ يكدىگر⁷⁶ انگاه⁷⁷ Dalla terza persona singolare del presente passa alla prima plurale.⁷⁸ بياوريم و بياورند⁷⁹ بگردد⁸⁰ چرخ, il termine è 'legno', quello utilizzato in rivista è 'ruota'.⁸¹ چنانكه⁸² آن⁸³ سدهاى⁸⁴ و ه⁸⁵ اويزيم

f. 27

۱ ه و ز ک ل م ن س ع ف انگاه⁸⁶ محوری بر مرکز چرخ
 ۲ بگذرانیم⁸⁷ و محکم کنیم و بر دو قاعمه نهیم تا از ذات خود دویردور همی
 ۳ کنند چون بعد مثقله⁸⁸ س از مرکز چرخ بیشتر است
 ۴ از بعد مثقله ه بهم مرکز چرخو نسبتقل به نقل
 چون نسبت بعد به بعد بود به تکافی
 ۵ پس دایم هجانب
 ۶ بزیر همی آید و جانب⁸⁹ بالا میکشد و چرخ اب دور همین کند
 ۷ بدین صورت

b) Manchester, Ryland's Collection, Ms. *Majmu'a n. 351*, sec. XI-XII

f. 82v

چرخ کنیم ضلب قطرش دو کز بود حونحرح آنو
 نزدیکروی آن دایره دنیم که قطرش کم از قطر جرکآ ب بود سجد است
 حوندایرهک انکاهاین دایره بدو ازاره دمحتی متساو
 قسمت کنیم خونجهای ه و ح ط ی ک ل م ن س ع فوب
 طرف قسمتی سوراخی کنیم جنانکه بدیکر سوی دود و سوراخها
 هر مساوی و توازی سازیم پیشبدرست و جماد پاره جویرا
 بسازیم تکمل استوهای کوچکطولهی یکی کزیو نیم و دو از دد
 یکدیگر انکاهسر انساوتویا را بر اعدا تساوی سورخ کنیم و پس
 مسمار پاوریم و برکی سوراخی ار ان سوراخهای اطراف قسمهای داره
 دهوی سازیم خباکبه آسان وی بکردد و دو سر مسمار در دو سوراخ
 دو اسطوانه از ین اسطوانهایبسیست و چهار کانه محکم کنیم جانکه (چنانکه)
 وی و بکردد و کار جررخسان بردد باشد و در پیشت هر دو اسطوانه
 سدی بسادیم خباکه جونو و طر جرخموازی است باشد دو اسطوانه
 بر استقامت و طرباشد و دوازدهدیگراز دو طرف آو کننه بود جون
 بندی اب ح د ذ س ط ک ل م ن و بسبر دو سوی خارج
 از حرحاز ین معلهاو سریم بریم خانکه بردد از دهمتساوی الاورا بسد(بشد)
 حونمعلهای اب ه و ر ک ل م ن س ع ف انگاه محوری بر مرکز
 جرخبکبد نهانیم و محکم کنیم و بر در قامه (قایمه) نیم تار از دلت حوددوری میکرسد نرا
 بسحونبعد معله س از مرکز حرخیشتر است از بعد معله مرکز

f. 83

جرخو بدست نقل نقلحونست بعد بعد بود بکافی بسجانبیمارا
 سکرانتر بود و بر نیز می آید و جانب (جانب) ه را با لا میکشد و حرخ
 آب دور میکند خانکه عموده اند

86

انگاه

87

بگذرانیم

88

بردمی Aggiunge

89

ه Aggiunge

c) *Traduzioni parallele*

Ms. n. 2573 di Tehrān

Ms. n. 351 di Manchester

Testo sul moto perpetuo f. 25

10. La proprietà del moto è la seguente

f. 26

1. Prendiamo una ruota solida, il cui diametro sia di due gaz⁹⁰, come per esempio la ruota AB;
2. su una delle sue facce mettiamo un disco⁹¹ il cui diametro sia più piccolo del diametro della ruota AB,
3. come per esempio il disco HK.
4. Quindi, suddividiamo questo disco in 12 parti uguali⁹², come per esempio le parti H, U, H, T, I, K, L, M, N, S, Ġ, F; e alla
5. estremità di ciascuna sezione realizziamo un foro passante e facciamo in modo che i buchi siano
6. identici e corrispondenti. Quindi, prendiamo ventiquattro pezzi di legno e diamo a ciascuno la forma di piccolo cilindro
7. della lunghezza ognuno di un di un gaz e mezzo e di peso identico. A questo punto
8. li picchiettiamo nel foro, prendiamo dodici chiodi⁹³ e li facciamo passare nei buchi
9. del disco in modo che possa facilmente girare su esso. I due capi del chiodo li inseriamo nei due buchi
10. di due cilindri [per volta]. Dopo, rinsaldiamo in esso⁹⁴ i 24 cilindri in modo che giri su di esso e
11. l'estremità del legno si trovi in mezzo ai due. Nella parte anteriore di ciascuno dei due cilindri realizziamo degli sbarramenti in modo che,
12. quando il diametro della ruota è orizzontale due dei 12 cilindri siano perpendicolari rispetto al diametro e gli altri 12 penzolino ai due lati [siano appesi] come i blocchetti A B
13. J, D, U, S, K, L, M, N; dopo, su ciascuna delle due facce esterne
14. appendiamo dei piccoli pesi in modo che ognuna delle 12 sezioni abbia lo stesso peso come, per esempio, i pesetti A B

Ms. n. 351 di Manchester

(senza titolo)

f. 84v

1. Prendiamo una ruota solida il cui diametro sia di due gaz, come per esempio la ruota AB;
2. sulla sua faccia mettiamo un disco, il cui diametro sia più piccolo del diametro della ruota AB,
3. come per esempio il disco HK. Quindi, questa ruota sia collocata su due piedritti uguali;
4. facciamo delle tacche come le suddivisioni H, U, H, T, I, K, L, M, N, S, Ġ, F; e ai
5. lati della suddivisione, da una parte realizziamo un foro, in modo che vi sia un altro
6. foro identico e corrispondente; poi con la mano e con un oggetto [tipo] un pezzo di legno
7. rifinito come un cilindro piccolo della lunghezza di un di un gaz e mezzo, e
8. vicendevolmente, quindi, facciamo uscire parti uguali di ambedue le sue estremità infilate nel foro
9. battiamo dei cunei nei fori che abbiamo realizzato sulla superficie laterale della ruota,
10. poi, facciamo in modo che sia facile farla girare, e mettiamo due estremità dei cunei nei due buchi
11. dei due cilindri, per questi cilindri abbiamo 24 identiche [prese] salde cosicché
12. essi possano girare e il lavoro della ruota compiersi facilmente; poi, nella parte anteriore ambedue i cilindri
13. li blocchiamo in modo che, quando il diametro della ruota è orizzontale, i due cilindri
14. abbiano il diametro nella parte alta e scorrano; collochiamo altre 12 [prese] ad ambedue i suoi lati, in modo che
15. i blocchetti I, H, B, H, D, S, T, K, L, M, N e S [siano] sulle due facce esterne
16. della ruota; grazie a queste prese afferriamo, in modo che, coi 12 uguali possa avanzare

⁹⁰ Circa cm. 33.⁹¹ Cerchio.⁹² In Ms. n. 351, esecuzione delle tacche.⁹³ La traduzione è 'chiodi', il lemma 'cuneo' non corrisponde all'azione.⁹⁴ Cioè sul disco.

- f. 27
1. H, U, Z, K, L, M, N, S, Ġ, F. A questo punto facciamo passare un asse al centro della ruota
 2. e lo collochiamo ben fermo su due ritri in modo che la parte centrale
 3. possa girare. Quando la sezione S è oltre il centro della ruota
 4. anche la sezione H è oltre il centro della ruota e il rapporto fra i pesi è uguale al rapporto fra distanze ed esiste equilibrio.
 5. Quindi ininterrottamente ogni lato si sposta verso il basso.
 6. e trascina in alto [un altro] lato e la ruota AB continua a girare.
 7. E questa è l'immagine.

17. grazie alle prese A, B, H, U, R, K, L, M, N, S, G, F; a questo punto, prendiamo un asse e lo posizioniamo nel centro
18. della ruota e lo fermiamo saldo sui due ritri, in modo che il suo proprio cuore possa girare,
19. dopo, quindi, quando poi la presa S sta oltre il centro della ruota, allora la presa H è oltre il centro della ruota

f. 83r

Ed è sufficiente afferrare una dopo l'altra ciascuna presa laterale – come S – e la ruota, azionata punto per punto con la mano
Perché la ruota AB giri in posizione verticale.
Questa è l'immagine.

d) Varianti linguistiche e di scrittura

Lemma moderno	Traduzione	Ms. 2573	Ms. 351
اگار	se	اگر	اگر
انگاه	allora, quindi, perciò	انگاه	انگاه
پس	poi, dopo	بس پس	پس
جایگاه	allorquando, nel momento in cui	جایگاه	چنانکه
چنان	così	چنان	چنان
چند	alquanti, tanti	چند چند	چند
چون	quando, se, perché, quindi, perciò	چون چون چون	چون چون
چرخ	ruota	چرخ چرخ	چرخ چرخ
چنانکه	dal momento che	چنانکه	چنانکه
چیز	qualche, qualcosa, qualcuno	چیز	چیز
چهار	quattro	چهار	چهار
حرکت	moto, movimento	حرکه	حرکت
دیگر	un altro/altra	دیگر	دیگر
بگزدن	girare	بگزدن	دیگر
گفتن	dire	گفتن	گفتن
گز	gaz	گز	گز
کوچک	piccolo	کوچک	کوچک
مرکز	centro	مرکس	مرکز
همچنین	tutti, ciascuno	همچنین همچنین	همچنین
یکدیگر	l'un l'altro	یکدیگر	یکدیگر

NEL f. 62v del ms. B (Fig. 1)¹, Leonardo illustrò graficamente una “navichula” o navicella, cioè una modesta imbarcazione ad uso fluviale o di piccolo cabotaggio, così com’è attestato nel *Stefani Doleti liber*, cioè il *De re navali* di Étienne Dolet, editore del *Gargantua* di François Rabelais. “Navicula est parva navis, qua vel in mari, vel in flumine circu(m) vehimur” sostenne Dolet², forse rievocando le “navichule” cesaree della *Pharsalia* o *De bello civili* di Marco Anneo Lucano, già documentate presso i Veneti e i Britanni³. L’umile “navichula”, quasi risibile se paragonata ai lussuosi bastimenti antichi, ha suscitato un interesse occasionale nella storiografia⁴. Nell’intento di colmare le lacune,

“Le navichule ·
apresso a li Asiri
furono fatte d(i)
virghe sottili
d(i) sa[lice]”:
la tecnologia
navale nei fogli
di Leonardo

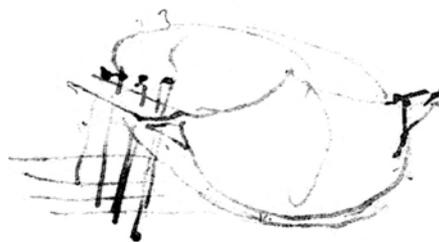
¹ Paris, Bibliothèque de l’Institut de France. Per le trascrizioni ho adottato un criterio conservativo limitandomi a sciogliere le abbreviazioni tra parentesi tonde e a inserire, laddove strettamente necessario, le integrazioni entro parentesi quadre. Le virgolette basse singole accolgono, invece, le cancellature (< >). Ho normalizzato le “v” in “u”. Infine, le iniziali maiuscole, a meno dei nomi propri, sono rimaste inalterate. Trascrivo direttamente dalle riproduzioni digitali pubblicate sul sito *e-Leo* (Archivio digitale della storia della scienza e della tecnica) della Biblioteca Leonardiana di Vinci.

² Dolet, Stefano, *Stephani Doleti de re navali liber ad Lazarum Bayfium*, Lugduni: apud Seb[astianum] Gryphium, 1537, p. 88.

³ Lucano, Marco Anneo e Canali, Luca (ed.) e Brena, Fabrizio (eds.), *Farsalia o la guerra civile*, Milano: BUR Rizzoli, 2019 (1ª edizione 1997), pp. 248-249.

⁴ Mentre Jean Paul Richter trascrisse e tradusse il brano leonardiano, Edmondo Solmi suggerì una correlazione col *De re militari* di Roberto Valturio, ricordata, in tempi più recenti, da Francesco P. Di Teodoro. Richter, Jean Paul, *The Literary Works of Leonardo da Vinci*, London: Sampson Low, Marston, Searle & Rivington, 1883, p. 265; Solmi, Edmondo, “Le fonti dei manoscritti di Leonardo da Vinci.” *Giornale storico della letteratura italiana*, supplemento, n. 10-11, 1908, pp. 1-344; Di Teodoro, Francesco P., “Ponti civili e militari in legno nei fogli di Leonardo.” *Humanistica an International Journal of Early Renaissance Studies*, 1/2 (2006), p. 126.

MARCO DI SALVO



Ms B

f. 97r