

**ORIZZONTI SENZA CONFINI PER L'INSEGNAMENTO DELLA
FISICA: UNA CHIAVE INTERDISCIPLINARE PER LE CINQUE
MACCHINE SEMPLICI**

GIUSEPPINA FERRIELLO ^{a *} AND SALVATORE MAGAZÙ ^b

ABSTRACT. It is well known that one of the essential functions of education, both in school and at university, is to provide the intellectual tools for a better understanding of society in all its dimensions. In this regard, all disciplines, whether they refer to “human sciences” or to “exact sciences”, can validly contribute to the training process. In particular, it is increasingly believed today that the history of science and technology can provide an important contribution to the teaching of physics, for many reasons. Firstly, because the historical approach helps to understand the processes of evolution of scientific knowledge, the formation of modern rationality and, more generally, the contexts in which societies have evolved. However, the current contents of scientific teachings are characterized by a very modest attention to these aspects and the topics are often proposed as already perfectly constructed and finished, that is, neglecting, if not in many times erasing, the historical processes altogether. Based on these arguments, this work will address the issue of simple machines following a historical approach as a motivating element for students and as a facilitator of learning. In particular, the process we wish to experiment will use the topic known as the five simple machines to test a multifaceted approach, in a ‘historic’, ‘linguistic-literary’ and ‘didactic-applicative’ key, which becomes an innovative learning-functional teaching approach.

SOMMARIO. È ben noto come una delle funzioni essenziali della formazione, sia scolastica che universitaria, sia quella di fornire gli strumenti intellettuali per una migliore comprensione della società in tutte le sue dimensioni. A questo riguardo tutte le discipline, sia che facciano riferimento alle scienze umane che alle scienze esatte possono validamente concorrere al processo di formazione. In particolare si ritiene sempre più oggi che la storia della scienze e delle tecnologie possa fornire un contributo importante nell'insegnamento della fisica per molteplici motivi. Innanzi tutto, perché l'approccio storico aiuta a comprendere sia i processi di evoluzione delle conoscenze scientifiche e della formazione della razionalità moderna sia, più in generale, i contesti in cui si sono evolute le società. Pur tuttavia, l'attuale contenuto degli insegnamenti scientifici si caratterizza per una assai modesta attenzione verso questi aspetti e i contenuti vengono spesso proposti come già perfettamente costruiti e compiuti, ovvero trascurando, se non molte volte cancellando del tutto, gli iter storici. Sulla base di queste argomentazioni, nel presente lavoro si affronterà il tema delle macchine semplici secondo un approccio storico quale elemento motivante per gli studenti e come facilitatore dell'apprendimento. In particolare, il procedimento che desideriamo sperimentare utilizzerà un argomento noto come le cinque macchine semplici per testare un approccio multiforme, in chiave 'storica', 'linguistico-letteraria', e didattico-applicativa, che si traduce in una innovativa didattica funzionale all'apprendimento.

1. Fondamenti: finalità, strumenti e metodo

Alcune delle criticità connesse alle attuali tipologie di insegnamento sono riconducibili a impresse figure metaforiche sulla conoscenza. Tra queste si cita, ad esempio, la metafora dell'*Imbutto di Norimberga*, denominazione che trae origine da un'incisione su legno del XVII secolo, secondo cui la conoscenza è concepita come qualcosa che alcuni possiedono e altri no e che i primi possono versare nella mente dei secondi. Un'altra metafora che spesso viene presa come riferimento è quella della *Scatola Nera* dove sono presenti tre riferimenti: l'input che è assimilato all'attività svolta dal docente, la scatola nera che rappresenta il discente, e di cui non si hanno né si cercano informazioni, e l'output che fa riferimento alle sue risposte; secondo questa modellizzazione, dunque, non importa la struttura interna della scatola, e dunque i processi di costruzione critica delle conoscenze da parte dello studente, ma soltanto gli input e gli output.

In tempi recenti, tra gli approcci didattici emergenti nell'insegnamento delle scienze, e più specificamente della fisica, un interesse sempre crescente viene attribuito all'approccio storico in quanto questo permette di mettere in evidenza i processi di evoluzione delle conoscenze scientifiche, e di riflesso quelli di formazione della razionalità moderna, e di proporre contenuti non come già perfettamente costruiti e compiuti. Occorre tuttavia riconoscere che solo pochi docenti sarebbero oggi in grado di svolgere programmi integrati per gli aspetti storici e scientifici, sia perché l'attuale programmazione dei contenuti delle discipline lascia poco margine di manovra, sia perché spesso manca un corpo docente che, attraverso una formazione universitaria e/o attraverso una formazione continua adeguata, possa ricoprire questo tipo di competenze interdisciplinari. Esistono poi spesso limitazioni temporali, in quanto nell'attuale configurazione dei percorsi di formazione, ogni argomento nuovo può sovente essere realisticamente introdotto solo sostituendo argomenti esistenti al fine di non impattare in un'inflazione dei contenuti.

Per chi si interessi alla ricerca didattica delle discipline scientifiche, è probabilmente un truismo dire che la conoscenza della storia e dell'epistemologia in questo ambito sia

una necessità. Qui, infatti, la trattazione dei concetti scientifici inizia proprio con lo studio degli sviluppi storici ed epistemologici, spesso a partire da documenti originali o precedentemente non studiati. In questo ambito, si richiede, inoltre, una solida comprensione dei concetti scientifici utilizzati e delle loro articolazioni, senza le quali sarebbe difficoltoso progettare strategie efficaci di apprendimento. In aggiunta a ciò, è bene rilevare che il rapporto in senso storico tra modelli, teorie e realtà, che di per sé richiede una solida conoscenza dell'epistemologia e della storia dell'argomento trattato, deve essere percepito correttamente se si vogliono evitare errori quando si parla di attribuzione, evoluzione e cambiamenti paradigmatici delle conoscenze. Infatti, il "senno di poi" storico ci permette di vedere le principali fasi dello sviluppo delle conoscenze, gli ostacoli epistemologici che sono stati superati e le interazioni tra le principali correnti di pensiero. L'approccio storico è dunque in grado di fornire informazioni che permettono di comprendere le difficoltà che possono essere state incontrate e, pertanto, può favorire il processo di apprendimento degli studenti. Si potrebbe rilevare che, se da un lato un concetto che storicamente è emerso a costo di sforzi e dibattiti tra le comunità scientifiche sia difficile da acquisire per gli studenti, dall'altro lato una soluzione trovata dagli scienziati in un dato momento per tenere conto di un dato fenomeno può risultare utile per gli studenti stessi.

L'approccio storico può dunque essere proficuo per comprendere le difficoltà disciplinari incontrate non solo dallo studente ma anche dal ricercatore. Sulla base delle argomentazioni sopra sviluppate, si ritiene che l'introduzione di un approccio storico faciliti l'apprendimento scientifico, sia come elemento motivante per gli studenti che come facilitatore dell'apprendimento. Si rivela tuttavia che, allo stato attuale delle cose, la maggior parte delle volte, quando vengono fatti rari riferimenti all'approccio storico, spesso ci si riduce ad aspetti aneddotici, senza alcuna relazione diretta con il contenuto concettuale insegnato; in questo senso, una breve nota storica in un capitolo, che presenta molto schematicamente alcuni elementi su uno "scienziato" o su una "scoperta", non hanno la funzione di contribuire a costruire i concetti o di comprendere il funzionamento della scienza e la sua evoluzione. Ed è in questa cornice di riferimento che si colloca il presente lavoro.

Incastri fra realtà e astrazioni sono peculiarità apparentemente opposte, che caratterizzano le Matematiche - compresa la Fisica - il cui insegnamento ancora oggi è connotato da un paradosso. L'attenzione riservata alla Fisica fin dall'antichità non le ha conferito, ciononostante, la dignità di disciplina 'documentale' riservata, di solito, alle materie apertamente basate su un substrato storico. Queste si analizzano con metodi e strumenti applicati abitualmente alle discipline storico-letterarie e filosofiche. Di conseguenza, per la Fisica, il metodo didattico e i risultati ottenibili sono fortemente penalizzati, laddove nella disciplina entrano in gioco sia il carattere teorico-scientifico proprio delle Matematiche sia il carattere applicativo, che si esplicita in campo pratico/storico.

L'astrazione dal contesto culturale-storico di opere e autori anche celebri conferisce il carattere astratto al loro operato e complica la possibile comprensione della sequenza cronologica entro la quale sono inseriti autori, testi e fruitori; è perciò difficile cogliere caratteri distintivi propri, progressi e riferimenti reciproci pur presenti nei testi in maniera più o meno esplicita. Si corre il rischio, pertanto, di tralasciare la motivazione fondante dell'apprendimento di argomenti che fanno parte del curriculum di studi, la cui origine è spesso distante nel tempo e nello spazio.

Matematiche, Fisica, Filosofia, Storia, Disegno, Linguaggio, Letteratura tecnica ecc. non sono campi e termini incompatibili, bensì forme complementari del sapere e della sua 'espressione/trasmisione', per i quali la specializzazione - potenziata con l'illuminismo - ha fatto perdere il collegamento con quanto li connette fra loro e con altri campi teorici o pratici.

Il procedimento che desideriamo sperimentare utilizzerà un argomento noto come le 5 macchine semplici per testare un approccio multiforme, in chiave 'storica' e 'linguistico-letteraria', oltre che didattico-applicativa, che si traduce nella didattica funzionale all'apprendimento e questo, a sua volta, nell'applicazione pratica, che sottende e supporta nuove rielaborazioni teoriche in un processo che potremmo definire a spirale.

Alle macchine semplici - delle quali Erone fornisce una descrizione completa nel II Libro della *Meccanica*¹ - applicheremo un criterio interdisciplinare e interculturale, che adopera diverse chiavi di lettura/interpretazione per incuriosire, stimolare e potenziare uno o più attrazioni dell'allievo e recuperarne il coinvolgimento.

Sarà produttivo fare emergere legami della *Physis* con settori disciplinari apparentemente distanti: alcuni caratterizzati da un proprio codice semiologico, che si esprime nel molteplice ruolo di 'linguaggio di comprensione' e di 'linguaggio di espressione' e quindi in 'linguaggio didattico', che utilizzano sia la parlata/scrittura - come nelle traduzioni di testi antichi transitati fino a noi -, sia le immagini a corredo dei testi, per tradursi, infine, in linguaggio didattico in cui prevalgono formule ed astrazioni. Spesso dovremo ricorrere alla ripartizione dei settori adottata in ambito islamico, in quanto essa è variata nel corso del

¹Per una panoramica generale sulla meccanica medievale: Marshall Clagget, *La Scienza della Meccanica nel Medio Evo*, Ila ed. Feltrinelli, Milano 1981 (Ia ed. italiana: 1972); titolo originale *The Science of Mechanics in the Middle Ages*, The University Wisconsin Press, 1959.

Per una bibliografia di massima su Erone: Pappo Alessandrino, *Mathematicae Collectiones a Federico Comandino urbinatè in Latinum conversae, et Commentariis illustratae*, Pisauri: apud Hieronymum Concordiam, 1588; Gianbattista Venturi, *Commentarij sopra la storia e le teorie dell'ottica*. Bologna, Masi, 1814; Ahmad Y. Al-Hassan And Donald R. Hill, *Islamic Technology An Illustrated History*, Cambridge, New York, Melbourne, Sydney & Paris, Cambridge University Press, 1986; Donald R. Hill, *Islamic Science and Engineering*, Edinburgh, Edinburgh University Press Ltd., 1993; M. B. Carra de Vaux, Camille, *Les Mécaniques ou l'élevateur de Héron d'Alexandrie, publiées pour la première fois sur la version arabe de Qustā' ibn Lūqā, et traduit en français par le M. Le Baron Carra de Vaux*, «Journal Asiatique» 1893-1894, I, pp. 386-472; II, pp. 152-194 and 227-269; III, p. 461-514; Aage Gerhardt Drachmann, *Notes Complémentaires*, in: Heron D'alexandrie, *Les Mécaniques* (cit. note 12), pp. 217-305; A. G. Drachmann, *The Mechanical Technology of Greek and Roman Antiquity*, 2 vols. Copenhagen, Munksgaard, Farrington Benjamin, 1963, pp. 19-140; «Ivor Thomas, Selections illustrating the History of Greek Mathematics», 2 vols., vol. II, 1939, London, Cambridge, Massachusetts, Loeb Classical Library, Harvard University, 1980, pp. 614-621 Ludwig Leo Michael Nix, *Heron's von Alexandria Mechanik und Katoptrik*, Hrsg. und Übersetzt, von L. Nix und W. Schmidt, in: *Hero Alexandrinus, Opera quae supersunt omnia*, 3 vols, Vol. II, fasc. 2, Leipzig: H. Schoene, 1900; Ahmad Y. Al-Hassan And Donald R. Hill, *Islamic Technology An illustrated History*, Cambridge, New York, Melbourne, Sydney, Paris: Cambridge University Press, 1986; *Héron D'Alexandrie, Les Mécanique ou l'élevateur des corps lourds*, texte arabe de Qustā' Ibn Lūqā établi et traduit par B. Carra de Vaux. Introduction par D. R. Hill, commentaires par A. G. Drachmann, Paris: LesBellesLettres, 1988, Donald R. Hill, *Islamic Science and Engineering*, ristampa Edinburgh: Edinburgh University Press Ltd., 1993; G. Ferriello, *The lifter of Heavy Bodies of Heron of Alexandria in the Iranian World*, in: «Nuncius Journal of History of Science», Nuncius: annali di storia della scienza, ISSN 0394-7394, Vol. 20, N° 2, 2005, 327-345; G. Ferriello M. Gatto R. Gatto, *The Baroukos And The Mechanics Of Heron*, Firenze, Leo Olschki, 2016 *The Baroukos And The Mechanics Of Heron*, Firenze, Leo Olschki, *Of Heron*, Firenze, Leo Olschki, 2016; Giovanna R. Giardina, *Erone di Alessandria, le radici filosofico-matematiche della Tecnologia applicata. Definitiones*, presentazione di Bernard Vitrac, Catania, CUECM, 2003.

tempo e in rapporto alle differenti aree geografico-culturali. La suddivisione dei campi non sempre corrisponde alla nostra odierna, essa è però fondamentale per guidare la ricerca al di fuori degli odierni condizionamenti che sono ovvia conseguenza della suddivisione in vigore oggi.

Non troveremo nella Meccanica adottata in epoca medievale in ambito islamico argomenti che, per esempio, riguardano *Pneumatica*, *Congegni o Idraulica* dal momento che questi campi erano inclusi nella Scienza dei Congegni; laddove la Meccanica propriamente detta riguardava la Scienza dei pesi o del sollevamento dei carichi e veniva messa in relazione con la Geometria e l'Ingegneria. Il termine **مهندس** *Muhandis*² (ingegnere), del resto, significa «colui che padroneggia la هندسة *Handasa* (geometria)», perciò può applicarla; interessanti relazioni linguistiche si rilevano nel termine انداختن *andākhtan* (gettare), letteralmente 'gettare' ma utilizzato anche per 'misurare' sottintendendo in questo caso 'gettare la corda'. Sappiamo che già nell'antico Egitto la misurazione veniva eseguita con la corda.

Per la nostra chiave di lettura ricorremo a strumenti caratteristici di due macro-settori che per semplicità definiamo 'linguistico-letterario' e 'tecnico-scientifico', laddove la distinzione mira esclusivamente a semplificare la questione e, in determinate circostanze, a dare prevalenza al metodo più efficace e opportuno per illustrare le varie problematiche affrontate, senza escludere interferenze fra i due grandi campi.

Elementi insoliti potranno emergere da un'indagine complessa, come quella che proponiamo; sono determinanti, di fatti, dettagli troppo spesso trascurati, come il ruolo delle versioni elaborate in ambito islamico durante il cosiddetto periodo formativo, che corrisponde al Medio Evo Occidentale, mentre per il mondo islamico rappresenta il periodo di massima acquisizione e rielaborazione del sapere antico.

Potremo perfino rilevare che lo sforzo di descrizione, di comprensione e di previsione non è nato con Galileo o con Newton, ma che elementi in *nuce* esistevano pure in precedenza; affioreranno precedenti che richiedono raffinati pensatori e studiosi della *Physis*; certamente emergeranno dubbi, che sono fondamentali per qualsiasi ricerca che non sia condizionata 'a priori' o basata su pregiudizi.

Il nostro interesse per una metodologia sperimentale va oltre l'intento di formulare asserzioni o di offrire soluzioni né propone egemonie di un contesto su un altro. Tutt'altro, l'interpretazione in chiave interculturale e multiculturale In quanto sperimentale necessita di applicazione e revisione alla luce dei risultati che potranno emergere nel corso della sua applicazione nel laboratorio didattico.

Sperimenteremo il metodo con un argomento fondamentale della Fisica: le 5 macchine semplici. Esse sono descritte nel II Libro della *Meccanica* di Erone. Di questo lavoro - oltre ad alcuni frammenti greci³ - oggi possediamo vari esemplari. In Europa l'interesse è stato alimentato dalla diffusione della versione francese diffusa alla fine dell'Ottocento

²Il prefisso "mu" inglobato in un lemma - che correttamente dovrebbe essere riferito a persone - sottende la padronanza della materia indicata, per esempio se 'alim' significa scienza, chi la possiede e la padroneggia è il 'maestro' e così via.

³Ferriello *et al.* (2016a), Determinanti per gli approfondimenti della storia della meccanica furono le immagini del testo parigino dove la presenza della bilancia idrostatica a tre bracci fu determinante per ipotizzare l'epoca del testo.

eseguita da Camille Carra de Vaux⁴ sulla base del manoscritto Or. 51 di Leiden portato in Europa dall'orientalista olandese Jacob Gohl (1596 - 1667)⁵ discepolo di Thomas van Erpe (1584-1624) - noto come Erpenius -, viaggiatore in Oriente ed insegnante di matematica e di arabo a Leiden, amico di Cartesio. Probabilmente lo stesso Gohl effettuò una versione latina, stando a quanto riferisce Giambattista Venturi nei *Commentarj sopra la storia e le teorie dell'ottica*, pubblicati nel 1814 a Bologna accennando a vari studi sull'equilibrio dei corpi effettuati da Aristotele, da Archimede e da Filone di Bisanzio:

«[...] Golio aveva riportato d'Oriente una Traduzione Araba del Tirapesi di Erone, da lui resa in Latino; la quale si giacque lungo tempo inedita, sinchè Brugmans la trasse fuori, e la pubblicò nelle memorie di Gottinga all'Anno 1785 [...] Si potrà confrontare la traduzione mia dell'originale, con quest'ultima tratta dall'Arabo, e col transunto datone da Pappo [...]»

per aggiungere subito dopo:

«Il teorema: “che i Cerchi maggiori, quando rivolgonsi intorno al medesimo centro” lo ricorda Aristotile, e a detta di Pappo l'aveano dimostrato Archimede nel Trattato delle Bilance, e Filone ed Erone nelle loro Meccaniche. Non sono pervenute a noi queste opere; ma credo presa dalle medesime la Dimostrazione dello stesso Teorema, che ho trovata in un manoscritto tradotto dall'Arabo di Thebit figlio di Core; il quale è annunziato dai Bibliotecarj sotto il titolo Liber Kerastoni[...]»⁶.

Un numero maggiore di codici è in lingua persiana, meno famosi forse, ma più vari nell'apparato grafico e soprattutto riferibili a diverse epoche, a riprova dell'interesse per l'argomento, che è anche segno della sua fondamentale applicazione in campi operativi.

L'impiego delle macchine alleviava il lavoro umano; destavano perciò grande interesse il loro sfruttamento e la conoscenza dei principi che sottendevano il loro funzionamento.

Dalla combinazione di due o più macchine semplici deriveranno le macchine composte, il cui assemblaggio a volte ha i caratteri della fattibilità, altre quelli di una esercitazione teorica⁷.

Il periodo in cui visse Erone è ancora oggi incerto e controverso.

Il termine «erone» - di origine egiziana - è infatti traducibile con 'ingegnere', potrebbe perciò essere stato riferito a più persone. Ciò ha costituito motivo di confusione e ha generato equivoci sulla data di nascita dell'Erone Alessandrino autore della *Diottra* e della *Meccanica*. La datazione adottata in ambito islamico⁸ lo colloca, va precisato, nel periodo alessandrino, quindi nel I secolo d. C..

⁴(Venturi 1814; Carra de Vaux 1893; Al-Hassan and Hill 1986; Hill 1993; Nateg and Karimi 2015)

⁵Noto col nome latinizzato in Jacob Golius, annovera quale suo lavoro più noto il *Lexicon Arabico-Latinum* (Leiden, 1653), invece fu pubblicato postumo il *Lexicon Persico-Latinum* con aggiunte di Edmund Castell incluso nel *Lexicon heptaglotton* (1669), cfr.: *Encyclopædia Britannica*, vol. 10, Chicago - London - Toronto, vol. 10, 1960, p. 509.

⁶(Venturi 1814) (pp. 145-46).

⁷Le macchine composte sono descritte in: Ferriello *et al.* (2016a), con riferimento a manoscritti rintracciati e tradotti da G. Ferriello. E' in corso la traduzione dei manoscritti rintracciati nel maggio 2019.

⁸Con la quale si concorda anche sulla scorta di informazioni tratte da fonti in lingua persiana.

E' acclarato che Erone, al quale alludiamo, ha avuto dei precedenti; le sue opere, quindi, possono essere state contaminate con altri lavori.

Riferita a persona fisica, la datazione della sua esistenza è controversa per differenti ipotesi formulate in base a considerazioni differenti riguardanti anche periodi storici differenti. Una prima possibilità collocherebbe lo studioso fra la morte di Archimede (212 d. C.) e Pappo (III-IV sec. d.C.), che lo cita più volte.

L'arco temporale è circoscritto, invece, diversamente se Erone viene messo in relazione con Ctesibio. A questo nome, però, corrispondono, a loro volta, due diversi studiosi: il primo vissuto sotto Tolomeo Filadelfo (fine III e inizi II sec. a.C.), il secondo, invece, vissuto sotto Tolomeo VII Physicon, intorno all'anno 100 a.C.

Le testimonianze di Ateneo e di Vitruvio insieme a quelle di Diodoro Siculo e Plinio il Vecchio collocano Ctesibio nel III sec. a.C.; se prendiamo in esame i possibili addentellati fra gli *Automata* e l'attività di Filone di Bisanzio (III a. C.) che è poco più giovane di Ctesibio dovremmo ipotizzare che Erone sia esistito nel III secolo a.C.. Il Collegamento con Filone sembra avere maggiore credito⁹. Potrebbe darsi, però, che la sua dimestichezza con Ctesibio e Filone sia conseguenza degli studi effettuati sulle loro opere disponibili nella famosa Biblioteca di Alessandria. Risulta, perciò, un'altra ipotesi. Il riferimento all'eclissi lunare del 62 d.C. - dato incontrovertibile - fa prediligere la collocazione di Erone nel I secolo d.C., questa datazione è la più accreditata presso gli studiosi musulmani. La datazione concorda con l'ipotesi espressa da uno dei maggiori studiosi della Statica e dell'equilibrio dei corpi, Khalil Jaouiche, che ha approfondito la versione araba del *Kitab al-qarashūn* di Ṭābit ibn Qurra traendone una esaustiva pubblicazione critica¹⁰.

Le opere di Erone erano diffuse tra gli studiosi musulmani¹¹, furono tradotte in arabo e oggi possiamo affermare senza tema di smentita, anche in lingua persiana.

Fra i più importanti traduttori delle sue opere sono annoverati i Banū Mūsā' (il capostipite b. Shakir, ante 803-873) - tra i quali certamente Aḥmad, che era esperto di Meccanica -, Quṣṭā ben Lūqā (820-912), Abū-Nūḥ, Nayrizī¹² (865-922), Abū Ja'far Khwāzīnī Khorāsānī(900-971) e il concittadino Abū l'Fath Khwāzīnī Khorāsānī (1115-1155)¹³.

I traduttori di Erone eccetto Quṣṭā - di origine siriana proveniente da Baalbek - erano tutti persiani. Sulla base di riscontri di date, presenza della bilancia della saggezza a tre bracci nel manoscritto Supplement Persan n° 369 di Parigi e anche sulla scorta di osservazioni sul

⁹Giardina (2003) (pp. 5-30). Per la datazione anche: Ferriello (1998) (p. 19) fanno propendere per la collocazione dello studioso nel I secolo d. C. Singer (1961) (p. 88); sull'ingegneria islamica, anche: Hill (1993). In questo testo dettagliato calibrato sull'ambito arabo lo studioso non considera il corrispettivo contesto persiano, in proposito: Ferriello (1997) (pp. 119-125) Ferriello (2007, 2009b); Nafisī and Abattouy (2016) (pp. 6-34).

¹⁰(Jaouiche 1976) (tavola sinottica p. 74).

¹¹Per studi su testi in lingua araba: Jaouiche (1976), Al-Hassan (2015), Abattouy (2001a) (pp. 179-247), Abattouy (2001b) (pp. 96-122), Abattouy and Al-Hassani (2015). Per studi su testi in lingua persiana: Ferriello (2005b) (pp. 327-245), Ferriello (2003) (pp. 175-183), Ferriello (2016) (pp. 69-87), Caye *et al.* (2016), Ferriello *et al.* (2016b), Nateg and Karimi (2016) (pp. 95-113).

¹²Adottiamo per gli studiosi/traduttori persiani la conseguente trascrizione priva dell'articolo 'al' che caratterizza l'onomastica araba.

¹³I primi studi effettuati su fonti in lingua persiana e riguardanti argomenti scientifici e tecnici sono stati: Ferriello (1993), Ferriello (1993). Ambedue le ricerche non disponevano a quel tempo di precedenti né di riferimenti.

lessico, non è escluso che Abū ‘Fath Khwāzīnī Khorāsānī possa avere tradotto *La Meccanica* di Erone, come vedremo a proposito degli interessi dei traduttori.

Bisogna fare un distinguo tra la classificazione delle opere di Erone proposta in ambito occidentale e quella adottata in ambito iranico, in quanto consequenziali alla ripartizione delle scienze e delle relative branche¹⁴.

Per esempio, la suddivisione in: scritti matematici, scritti tecnologici con l’ulteriore suddivisione in scritti tecnologici-teorici, e in scritti tecnologici col sotto-gruppo di tecnologici-pratici proposta in un recente lavoro critico sulle *Definitiones* esaminate in maniera approfondita e con riferimento al pensiero filosofico di Erone, mentre è utile allo studioso di Erone Latino/greco, non trova riscontro nella ripartizione e nella classificazione adottate dagli studiosi musulmani che lavorarono alle opere di Erone.

2. Geometria Meccanica teorica e Meccanica pratica Scienza dei Pesi e Scienza dei Congegni

Nel mondo islamico la Meccanica, l’Agrimensura - detta anche genericamente ‘Misurazione’ - e talvolta l’Ottica facevano capo alla Geometria. Ad esse faceva capo la¹⁵ علم ثقل *‘elm-e Thaql* (Scienza dei Pesi). La sua funzione principale era il sollevamento dei carichi e si rifaceva ad Erone di Alessandria. La Pneumatica - che in Occidente è inclusa nella Meccanica - e lo studio dei Congegni erano invece incluse nella علم حيل *‘elm-e Hiyal*, (Scienza dei Congegni). Questa aveva in Filone di Bisanzio il suo riferimento diretto e riguardava, nella fattispecie, la costruzione dei congegni per diletto – inclusi gli orologi - destinati a stupire *in primis* la corte califfale bagdadena.

La bilancia era peculiarità di studiosi di origine iranica; connessa con la questione dei centri di gravità dei corpi, veniva collocata indifferentemente nell’una o nell’altra branca, ma sempre considerata a parte rispetto al problema del sollevamento dei pesi, il cui obiettivo era espressamente lo spostamento di carichi pesanti¹⁶ e non lo studio dell’equilibrio in sé.

Non tenere conto della suddivisione adottata nel contesto in cui operavano i traduttori musulmani, che ebbero il compito di tramandare ai posteri il testo della Meccanica di Erone nella duplice versione araba e persiana, può comportare malintesi e inesattezze, oltre a limitare le informazioni da indagare.

Chiarificatore è il pensiero di uno dei primi studiosi di un problema semplice della Statica: l’equilibrio di una barra omogenea – da cui deriva il modello di bilancia – già affrontato da Tābit Ibn Qurra nel IX secolo, portato in evidenza agli studiosi di statica e fisica in generale da Khalil Jaouiche intorno alla metà degli anni Settanta:

«Il s’agit de la science du mouvement et de la science du rendement des machines ou mécanique à proprement parler»¹⁷.

¹⁴(Giardina 2003) (pp. 31-6).

¹⁵Utilizziamo la scrittura persiana e la conseguente trascrizione priva dell’articolo in quanto per i nostri studi di storia della Meccanica abbiamo utilizzato come fonti manoscritti persiani.

¹⁶I testimoni rintracciati confermano la non costante presenza della bilancia negli studi riguardanti l’equilibrio e il sollevamento dei pesi.

¹⁷(Jaouiche 1976) (p. 46)

Una distinzione ulteriore potrebbe giustificare la presenza del termine ‘meccanica’ in opere che riguardano in realtà congegni, come si rileva nel titolo di una delle opere più famose sui meccanismi utilizzati per diletto *الجامع بين العلم والعمل النافع في صناعة الحيل*, *al-Jāmi‘bayn al-‘ilmwa l-‘amal, al-nāfi‘fī šinā‘at al-ḥiyal* (Compendio sulla teoria e sulla pratica delle arti meccaniche) di Abū al-‘Izz Ibn Ismā‘īl ibn al-Razzāz al-Jazarī.

Il lemma si motiva se approfondiamo il significato dato alla meccanica in ambito islamico, che la suddivideva in due distinte branche: ‘Meccanica teorica’ e ‘Meccanica pratica’. Alla prima faceva capo la meccanica propriamente detta, che riguarda macchine per il sollevamento dei corpi pesanti per agevolare il lavoro umano; la meccanica pratica, invece, considerava lo studio del movimento¹⁸ distinto dal rendimento delle macchine.

Nelle discipline scientifiche la ricerca - e soprattutto le tecniche e i metodi utilizzati - sono funzionali alla finalità da perseguire tenendo ovviamente conto dell’oggetto/campo da indagare. Questo fondamentale ed elementare principio - che non meriterebbe nemmeno di essere ricordato considerata la sua ovvietà - viene, però, trascurato quando si studiano personalità e produzioni lontane nel tempo e/o nello spazio, in quanto è più facile cadere nell’errore di non inquadrare adeguatamente l’oggetto dello studio nel proprio contesto, che poteva essere - anzi generalmente lo è - differente dall’attuale.

Ricercare senza tenere conto della diversità di presupposti - teorici, filosofici, scientifici, storici (incluse le tecniche ecc.) e culturali in genere - porta a risultati che, nel migliore dei casi, utilizzano solo parziali informazioni presenti nelle fonti.

Nella nostra sperimentazione, che intende recuperare per l’insegnamento della Fisica varie chiavi di lettura inclusa la storico-letteraria, ricorriamo a definizioni di alcuni autori operanti in ambito islamico - perciò scevri da interpretazioni ed equivoci esterni - i quali, in linea col proprio tempo, hanno affrontato ‘argomenti multidisciplinari’, diremmo oggi. Volutamente non scegliamo specialisti di Meccanica o di Matematiche, bensì scrittori e storici perché loro riportano il pensiero del tempo e danno informazioni sul bagaglio culturale corrente della persona di scienza e di cultura, campi spesso indistinti nel Medio Evo islamico come nel Medio Evo occidentale.

Il primo scrittore è un persiano, anche famoso poeta: Neẓāmī Aruzi di Samarcanda vissuto nel XII secolo. Nel *Chahar Maqāle* (I Quattro Discorsi) con l’aiuto di aneddoti descrittivi - secondo la tradizione della consolidata letteratura persiana degli *Ādāb* (Consigli) - egli illustra quali devono essere le qualità indispensabili al Segretario, al Poeta, all’Astronomo/Astrologo ed al Medico e dà anche la definizione di Geometria e di Aritmetica:

«[...] La geometria è l’arte attraverso la quale si conoscono le posizioni delle linee, le forme delle superfici piane e dei solidi, il rapporto generale che esiste tra misure e figure corrispondenti, e le relazioni che ci sono fra esse e le loro posizioni e forme. [...] L’aritmetica è l’arte attraverso la quale si conoscono la natura e le proprietà di ogni tipo di numeri, in sé e in rapporto ad altri numeri, la derivazione dell’uno dall’altro, e le loro

¹⁸(Jaouiche 1976) (p. 47)

applicazioni: dimezzamento, raddoppiamento, moltiplicazione, divisione, addizione, sottrazione, algebra [...]»¹⁹.

La preparazione del Sapiente era multiforme. Veniva adottata la stessa ripartizione del sapere vigente in Occidente: Arti del Trivio (Grammatica, Dialettica, e Retorica) e alle Arti del Quadrivio (Aritmetica, Geometria, Astronomia, e Musica). Del resto, il mondo islamico aveva fatto propria la filosofia greca applicando il principio cumulativo o sommatorio del sapere, che consentiva di acquisire e dare per scontate anche le conoscenze tratte da altri contesti, come quello antico. Senza detto principio, un musulmano non avrebbe potuto fare proprie le idee elaborate e sviluppate altrove.

Un altro autore che prendiamo come riferimento è lo Storico tunisino ‘Abdar-Raḥmān ibn Muḥammad ibn Khaldūn (Tunisi 732 H/1332 Cordova 1406) e il suo libro più noto: *Muqaddima* (le Premesse [alla Storia]; il termine *Premesse/Introduzione* è usato per specificare che egli vuole informare su quanto è avvenuto nel mondo prima della Storia, che inizia con il profeta Maometto.

Il lucido racconto di ibn Khaldūn non è condizionato da preconcetti di tipo etnico o religioso, tant’è che in vari passaggi egli non esita a fare un distinguo fra il più significativo e duraturo contributo dato alle Arti, alle Scienze e alle Tecniche da popoli stanziali rispetto a quelli espressi delle tribù arabe beduine. Tra quanti hanno dato un apporto consistente nelle Scienze e nelle Tecniche ibn Khaldūn colloca in primo piano Greci, Romani e Persiani.

Egli, per esempio, lamenta la scarsa attenzione degli Arabi beduini verso la pianificazione urbana e attribuisce alla loro mancata dimestichezza con le arti i ricorrenti crolli di edifici; ritiene, inoltre, che l’assenza di una civiltà stanziale - l’unica in grado di produrre monumenti - comporti l’impiego di materiali deperibili, mentre la scarsa produzione o importazione di materiali più idonei come pietra e marmo provochi lo smembramento degli edifici esistenti per recuperare e riutilizzare il materiale. Il grado di civiltà esprime il grado di competenze diremmo oggi; ‘*Le Arti e le Scienze sono l’esito dell’attitudine umana a produrre*’, grazie alle quali l’uomo si distingue dagli animali²⁰. Esse sono in rapporto con il grado di evoluzione raggiunto dai vari gruppi etnici e la loro perfezione dipende dal livello di stanzialità del gruppo che le esprime. L’Architettura è anche la più antica e la prima forma d’arte di una civiltà.

Le tecniche costruttive, secondo Ibn Khaldūn, variano in rapporto al clima, all’area geografica, ai materiali disponibili. Il campo dell’architettura si estende alla pianificazione urbana e alla costruzione dei monumenti, mentre gli operatori sono differenti l’uno dall’altro: alcuni sono intelligenti e abili, altri invece risultano inferiori²¹. Alcune arti gli Arabi le hanno importate da altri Paesi (Cina, India, Turchia, Nazioni cristiane); in Oriente, alcune arti si sono sviluppate grazie all’apporto determinante di antiche nazioni e di popoli come i Persiani, i Nabatei, i Copti, gli Israeliti, i Greci ed i Romani detti Rūmī²².

Diversamente da altri studiosi, Ibn Khaldūn utilizza in modo indifferente i termini ‘ingegnere’ e ‘architetto’, benché una sottile diversità colleghi il termine architetto alla produzione artistica e/o monumentale dei popoli stanziali, quasi anticipando un’annosa

¹⁹Aruzi di Samarcanda (1977) (pp. 111-148), Ferriello (1993) (pp. 74-75), È qui riportata la trasposizione del testo.

²⁰(Khaldun 1958) (vol. II, pp. 347)

²¹(Khaldun 1958) (vol. II, p. 359)

²²(Khaldun 1958) (vol. II, pp. 132)

questione fra architetti e ingegneri, la quale attribuisce all'architettura prossimità con l'Arte e all'ingegnere prossimità con la tecnica.

Riguardo alla formazione professionale, l'architetto conosce la Geometria - lemma con la stessa radice abbiamo notato²³ - che egli sfrutta per la costruzione di congegni meccanici e idraulici. Egli [l'Architetto/Ingegnere] maneggia funi e pulegge per il trasporto di grossi blocchi di pietra ed è solo grazie all'applicazione pratica di regole di geometria che gli è stato possibile, in passato, costruire monumentali edifici non dovuti a dei giganti, bensì agli uomini capaci di utilizzare congegni²⁴.

In merito all'applicazione della Geometria, nel II Libro delle *Premesse* afferma:

«[...] Its usefulness is apparent in practical craft that have to do with bodies, such as carpentry and architecture. It is also useful for making remarkable statues and rare large objects (effigies, hayākil) and for moving loads and transporting large objects (hayākil) with the help of mechanical contrivances, engineering (Techniques), pulley, and similar things[...]»²⁵.

Ancora più specifico riferito alle macchine semplici è un passo tradotto nell'edizione F. Rosenthal nel II volume, dove affronta le singole arti/tecniche: In merito all'applicazione della Geometria, nel II Libro delle *Premesse* afferma:

«[...] Architects also make use of geometry (engineering). For instance they use the plumb to make walls perpendicular, and they use devices for lifting water, to make it flow, and similar things. Thus they must know something about the problems connected with (engineering). They also must know how to move heavy loads with the help of machines. Big blocks of large stones cannot be lifted in place on a wall by the unaided strength of workmen alone. Therefore, the architect must contrive to multiply the strength of the rope by passing it through holes, constructed according to geometrical proportions, of the attachments called mīkhāl "pulley". They make to load easier to lift, so that the intended work can be completed without difficulty. This can be achieved only with the help of geometrical (engineering) principles which are commonly known among men [...]»²⁶.

Per quanto concerne la Geometria e l'Aritmetica - incluse nella Matematica -, nella versione latina di Gustavus Flugel fatta al *Kitāb kashf al-zunūn al-'ansāmi al-kutub wa-l-funūn* (lo svelamento delle ombre sui titoli dei libri e delle Arti), che è una sorta di enciclopedia bibliografica araba di circa 15.000 voci, Hajji Khalifah (1609-1657) precisa:

«[...] Geometria esubjectae sunt: Architectura (latissimo sensu) - Optice - Doctrina Speculorum Causticorum - Doctrina Centra Onerum Portandorum Cognoscendi - Ars Mechanica - Geodesia - Doctrina Aquas In

²³Paragrafo 1

²⁴(Khalidun 1958) (vol. II, pp. 362-363)

²⁵(Khalidun 1958) (vol. II, p. 132)

²⁶(Khalidun 1958) (vol. II, p. 363)

*Terra Occultas (Ad Irrigandos Agros) Eliciendi - Doctrina Machinas Bellicas Struendi - Ars Missilia Jacendi - Doctrina Aequationis Temporis - Ars Horologica - Doctrina Rerum Nauticarum - Ars Natandi - Statica Et Cognitio Librarum - Doctrina Instrumentorum Pneumaticorum, quorum constructio ex lege necessaria pendet, ut nihil omnino vacuum sit. Astronomiae attributae sunt [...]*²⁷.

I concetti riguardanti le scienze, fra le quali Geometria e Meccanica, si rifacevano ad Aristotele e ad Archimede²⁸. Il pensiero filosofico greco includeva anche il platonico e il neoplatonico, come vedremo a proposito degli interessi espressi dai Traduttori.

Nella opinione circa la Meccanica sembra prevalere il pensiero archimedeo, ma non è escluso che nuovi rinvenimenti di fonti possano riequilibrare diversamente la riflessione. Possiamo precisare, in ogni caso, che Archimede insieme ad Euclide ed Apollonio è citato più volte nella Meccanica di Erone e nella versione parafrasata fatta da Isfizārī (XI-XII secolo)²⁹ e nella visione globale che permeava il pensiero medievale islamico del tempo l'uno non escludeva l'altro.

La Meccanica propriamente detta avrà come suoi oggetti privilegiati la leva e la bilancia³⁰ cui si connettono anche le altre macchine; il concetto di equilibrio in senso lato veniva esteso anche ad altri settori, come vedremo a proposito della concezione del moto terrestre quando tratteremo degli interessi di studiosi e traduttori.

L'acquisizione del pensiero filosofico-matematico greco³¹, che il mondo musulmano fa proprio, è confermata dalle traduzioni di manoscritti persiani di meccanica studiati fin dai primi anni Novanta.

Termini come 'leva' **مخل** (mokhl) - in greco mokhl -; **اسفين** *asfin* e **فانّه** *fanè* - che richiamano il greco sfen/sfenos, oppure meccanica/Meccanico **مجنیک** *majanik*, anche nella versione **منجنيق** *manjanik*, e con la variante **مجانيقى** (*majāniqī*), che traduce il greco *manganikos*, altro non sono che trascrizione con grafemi dell'alfabeto arabo/persiano di termini greci.

La semplice trasposizione delle parole prova che in lingua araba e/o persiana alcune voci tecniche non erano state ancora elaborate e indirettamente sottolinea che la matrice della Meccanica era di origine greca.

Il mondo islamico svilupperà in maniera indipendente la parte teorica - Scienza dei pesi che riguarda le macchine che sollevano carichi (in persiano e in arabo il termine designa ambedue) – da quella applicativa - scienza dei congegni, che si estrinseca negli apparati semoventi e negli orologi, oggetti che servivano a sbalordire il pubblico. I congegni perciò saranno addobbati con sovrastrutture e motivi ornamentali, che servivano a mascherare il meccanismo.

Invece, nelle macchine utilizzate per alleviare il lavoro e avvantaggiare l'uomo, gli orpelli non servono. Pertanto la struttura non ha bisogno di essere nascosta.

²⁷(Çelebi 1835) (pp. 36-37)

²⁸Sulla complessa questione dell'equilibrio, fra i numerosi studi: Roux (1992) (pp. 95-160)

²⁹(Ferriello 2020) (pp. 189-202).

³⁰(Roux 1992) (p. 102).

³¹(Lolivet 1984) (pp. 255-270), (Mimoun n.d.) (pp. 143-151), (Weber n.d.) (pp. 77-101), (Ferriello 1999) (pp. 157-162).

L'interconnessione fra Geometria e Meccanica è derivato, si è visto, dal mondo antico; ma l'ulteriore distinzione fra *'elm-e thaqil e 'elm-e hiyal* si giustifica col carattere prevalentemente teorico - sarebbe preferibile dire 'strutturale' - dell'una, che pone l'accento sul vantaggio dato dalla macchina, e con il carattere prevalentemente sovrastrutturale della seconda, che dà attenzione prevalente al mascheramento/abbellimento che deve solo suscitare meraviglia. Perciò Pneumatica e Meccanica sono in campi diversi.

3. La Meccanica di Erone in chiave storica:

a) La scelta del testo

La trasmissione della *Meccanica* di Erone attraverso testi in lingua persiana è una scoperta recente e casuale, benché effettuata durante una ricerca sulla trasmissione del sapere fra Oriente e Occidente³². Il numero delle copie rintracciate in circa trent'anni di ricerca, le relazioni individuate fra gli studiosi - ai quali non doveva essere estraneo il contenuto dell'opera - e l'impiego duraturo dicono dell'interesse continuo e dell'utilità di un'opera, i cui argomenti non hanno conosciuto confini né tempo; tant'è che i suoi argomenti sono trattati nell'ambito della didattica della Fisica teorica e della Fisica applicata.

Ancora oggi, difatti, le 5 macchine semplici sono alla base del bagaglio formativo di chi studia o applica la Fisica, mentre le macchine composte - che i manoscritti persiani dettagliano ampliando con degli esemplari che riproducono vari assemblaggi - potremmo definirle un 'esercitazione didattica'.

Ciononostante, una lettura in chiave storica della *Meccanica* di Erone solitamente viene trascurata e il testo quasi cristallizzato. Sul piano pratico l'omissione comporta un'interpretazione episodica e distorta perfino dell'operato di grandi personalità, come Leonardo, nel quale si sopravvaluta la genialità - legata alla casualità - rispetto alla competenza tecnica e scientifica legata allo studio e alle conoscenze³³.

Nei primi anni Novanta fu rinvenuto il primo testo in lingua persiana in cui le immagini evidenziavano una stretta somiglianza con il testo di Camille Bernard Carra de Vaux pubblicato sul *Journal Asiatique*, consultato poco tempo prima nel corso di una ricerca sulla traduzione e trasmissione di testi scientifici e tecnici.

Quel manoscritto capitato per caso insieme ad altri era classificato come testo con figure geometriche³⁴, successivamente classificato *Supplement Persan* n°369 nella sezione Manoscritti Orientali della Bibliothèque Nationale de France di Parigi.

³²Ferriello 1998, 2005b, 2016), (Caye *et al.* 2016) (pp. 69-87).

³³L'argomento fu oggetto della conferenza G. Ferriello, *Il contributo delle fonti persiane per un inquadramento storico*, Giornata della Ricerca italiana nel Mondo, «Conferenza inaugurale delle Celebrazioni di Leonardo da Vinci: Il Genio di Leonardo da Vinci, il contributo di nuove fonti alla lettura della sua opera», Tehrân, 12 aprile 2019, Museo Archeologico Nazionale. Un interessante testo - controcorrente - che vari anni orsono ha posto l'accento sulla tradizione tecnico-scientifica dall'antichità a Leonardo da Vinci è: Russo (2009).

³⁴Nel Catalogo dei manoscritti persiani, l'orientalista Edgar Blochet dava notizia di un «*Traité de cinématique, par un anonyme*», collocato dopo due manoscritti tradotti dall'arabo in persiano: il *Trattato di idraulica* (più correttamente sui congegni idraulici) di Bédi Zeman Aboul Izz Ismail b. El-Razzaz el-Djezeri (N° 801) e il volume con le relative illustrazioni (n° 802), cfr.: Edgar Blochet, E. (1912), *Catalogue des Manuscrits Persans de la Bibliothèque nationale*, 2 voll. II., Paris, Imprimerie Nationale, vol II, 1912, pp. 73-74.

Il codice era appartenuto a Francois Pétais de la Croix (1653-1713), Emissario del re Sole³⁵ in Oriente per breve tempo precettore dei nipoti di Shāh Abbass II ad Isfāhān, che in epoca Safavide era la capitale persiana³⁶. A corte de la Croix era stato introdotto dal Superiore dei Cappuccini padre Raphaël du Mans - uomo dotto specializzato in Astronomia -, al quale lo aveva presentato il suo padrino di battesimo, il viaggiatore erudito Jean Thévenot³⁷.

Dal *Supplement Persan* n° 369 estrarremo le cinque macchine semplici per una lettura di natura didattica.

Utilizzeremo questo manoscritto perché la datazione della copia - tratta da un archetipo più antico - è certa, in quanto ricopiato per essere dato a F.P. de la Croix durante la sua permanenza a corte - 1674-1676; la scrittura fluida, l'utilizzo corretto dei punti diacritici - che caratterizzano alcune lettere dell'alfabeto persiano e arabo - nella maggior parte dei casi sono collocati correttamente e non creano difficoltà di interpretazione del lessico.

La copia, fra tutte quelle rinvenute, contiene pure il maggior numero di immagini del II Libro di Erone; inoltre, la presenza della *Riselāh* (Breve componimento) *La Bilancia della Sagghezza/dei Filosofi* indica un probabile termine *post quem* per il montaggio dei testi, che compaiono in sequenza e presentano struttura linguistica simile.

A quel primo ritrovamento, avvenuto nella prima metà degli anni Novanta, sono seguiti altri, che oggi portano a 13 i testi persiani della Meccanica. Tutti contengono la versione del II libro dedicato alla trattazione delle macchine semplici e composte; un codice contiene anche la versione persiana del I Libro³⁸. Fino ad allora, per studiare l'opera più nota di Erone, gli studiosi potevano utilizzare esclusivamente la versione araba di Qustā b. Lūqā al-Ba'labakkī (820-912), portata in Europa da Jacob Gohl, matematico arabista amico di Cartesio verso la metà del Seicento³⁹, oggi classificata *Or.51* di Leiden. Su di essa Camille Carrà de Vaux eseguì la propria versione escludendo categoricamente che in Europa potesse esistere un altro testo della *Meccanica*:

«[...]L'existence d'un manuscrit de ce traité, en Europe du moins, doit être considérée, pensons-nous, comme tout à fait improbable[...]»⁴⁰.

Il *SP 369* di cui F.P. de la Coix tentò pure una sua versione che tenne ad uso proprio - era a Parigi da oltre due secoli prima che Carra de Vaux pubblicasse.

Il *Supplement Persan* n° 369 ha costituito l'origine di un nuovo percorso di ricerca.

³⁵Figlio dell'omonimo e omologo interprete del re per la lingua araba e docente al College Royal; il nostro sarà docente di Persiano e arabo ed interprete del re per le lingue arabo, persiano e turco. Il figlio di questo - il terzo F.P. de la Croix - si adopererà per redigere la biografia del padre e del nonno.

³⁶Per informazioni su F. P. de la Croix anche: Sebag (1980)

³⁷Per note biografiche su F. P. de la Croix e J. Thévenot: G. Ferriello, *Nuncius cit* sulla scorta di informazioni allora inedite gentilmente fornite dal dott. Francis Richard allora Direttore della Sezione di Manoscritti Persiani della Biblioteca Nazionale di Parigi.

³⁸(Ferriello 2020) (pp. 191-198).

³⁹*Ibidem*, paragrafo 1

⁴⁰(Carra de Vaux 1893) (pp. 393-394)

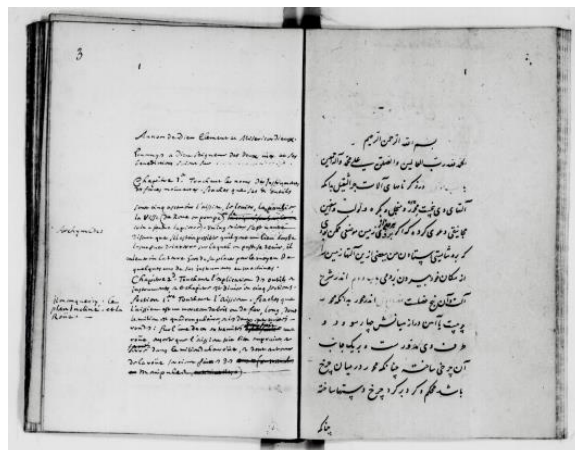


FIGURA 1. a dx testo persiano, a sin. Traduzione di F. P. de la Croix.

Fra i ritrovamenti immediatamente successivi vi furono il *MS n° 714 /1,2* della Biblioteca Sepahsalar di Tehrān - oggi Facoltà di Lettere - ed il *MS n° 1674* di Mashhad, il cui originale risultava disperso. Si aggiunse di lì a breve una rara edizione persiana a stampa del *Me'yār al-'uqūl* (La Misura dell'Intelletto) attribuito ad Abū 'Alī al-Ḥusayn ibn 'Abd Allāh ibn Sīnā, in Occidente Avicenna, ma in realtà è un testo apocrifo, come ha dimostrato Homā'ī⁴¹ nella pubblicazione uscita nel 1952 a Tehrān in occasione delle celebrazioni del millenario del Filosofo e come attestano anche gli approfondimenti dell'autrice G. F. sul testo e sulle immagini.

Vari copisti della *Meccanica* affermano di rifarsi al *Me'yār al-'uqūl*; ma l'asserzione è priva di fondamento.

Inoltre, nel manoscritto di Parigi è disegnata la bilancia a tre bracci ideata da Abū l'Fath Khwāzīnī Khorāsānī (1115-1155), mentre Avicenna muore nel 1037.

Il richiamo al Filosofo - anche lui di origine e formazione iranica ed arabografo - probabilmente aveva lo scopo di evitare ricusazioni, in quanto le sue asserzioni e teorie venivano accettate incondizionatamente, essendo egli considerato 'Secondo' soltanto rispetto ad Aristotele.

I due testi riuniti nel SP n° 369 hanno la stessa forma linguistica, pertanto non possono essere molto distanti l'uno dall'altro, nel caso in cui si immagini un assemblaggio di scritti con origini differenti.

Approfondimenti sui manoscritti recuperati soprattutto dal 2017 in poi colmano vuoti cronologici fra i testi di meccanica persiani e consolidano i rapporti fra studiosi prima intuibili ma non comprovati da testimoni scritti.

⁴¹Le considerazioni di Homā'ī- che contesta l'attribuzione ad Avicenna ma riporta in copertina l'immagine del Filosofo - hanno riscontro nell'analisi condotta in maniera indipendente sulla presenza di alcuni grafemi e sulla bilancia a tre bracci. Le informazioni sulla bilancia idrostatica e gli Studiosi che l'hanno utilizzata a partire da Archimede, sono tramandate da Khwāzīnī, in proposito: (Khanikoff 1860b) (pp. 1-128 (ristampa anastatica: Liechtenstein, Vaduz,1982); (Jaouiche 1971) (pp. 731-740).

Nel 2017, un inedito *Trattato di Apollonio sulle Pulegge* - in realtà ‘*Sulle Ruote Dentate*’ - trascritto sulla rivista «*Miras-e ‘elmi-ye Islam wa Iran*»⁴² (Tradizione della Storia della Scienza dell’Islam e dell’Iran), destò molto interesse nell’autrice G.F., del matematico di Perga, infatti, si conoscevano solo i lavori sulle *Coniche* e si ignorava che avesse avuto un ruolo fra i Meccanici. Quel testo meritava un particolare approfondimento.

Fu ovvia conseguenza volere verificare la trascrizione e lo stato del manoscritto richiedendo a Moḥammad Bagheri la copia dell’originale e della *Majmu’a n° 197*, che contiene il manoscritto. Lo stesso amico aveva portato in dono la copia della rivista, di cui è redattore capo, e già in precedenza era stato di grande aiuto nel reperimento di testi conservati a Tehrān. La richiesta era motivata dal proposito di comparare la trascrizione della rivista e dell’originale, in quanto non sempre la trascrizione viene eseguita secondo criteri filologici, mentre l’ammodernamento lessicale - che più volte è stato riscontrato in studi altrui - non è utile ai fini della corretta ipotesi di datazione di un testo né ai fini della sua comparazione con altri simili nel contenuto.

Fu possibile rilevare che, appena dopo il lavoro di Apollonio sulle ruote dentate, sul f. 3 inizia il I Libro della *Meccanica* di Erone, che termina sul f. 14 r; per proseguire col II Libro, che inizia a sua volta sul foglio f. 14v. e termina sul f. 21v.. A seguire, c’è un lavoro di Astronomia in lingua araba.

I testi persiani sono parafrasati da Isfizārī, al quale si correla direttamente – vedremo – quello stesso Abū ’l Fath Khwāzīnī, la cui bilancia a tre bracci è proprio alla fine del libro di Meccanica nel *SP n° 369* di Parigi.

L’*incipit* del primo libro parafrasato allude espressamente a Erone ed Euclide e più innanzi anche ad Aristotele e Archimede⁴³.

Il Primo Libro della *Meccanica* di Erone è introdotto dalla *basmala*:

بسم الله الرحمن الرحيم و احمد الله حق محمد و الصلوة و السلام علي محمد
المصطف داکه حکایت قول ایرن مخانقی و اقلیدس در برداشتن جر چیز کران
بقوتها داندک و این جمله بر سه مقاله است مقاله اول جنینکویید که وضع کنیم
که قوت محرکه پنج است و قوه انک نه خواسد که بردار است صندوق ا ب ح ک

Cioè:

- (1) *Nel nome di Dio Clemente e misericordioso la sua benedizione cada su Maometto*
- (2) *l’eletto, il giusto. Inizia il discorso su tutto quello che si sa su Erone il meccanico ed Euclide circa il sollevamento cose pesanti*
- (3) *con piccole forze. Questo discorso si compone di tre argomenti. Il primo argomento così dice:*
- (4) *supponiamo di avere questa situazione: una forza motrice di 5 [man] e la forza che si vuole quella forza sollevi. Costruiamo la cassa **A BJD**[man]⁴⁴.*

⁴²(Nafisī and Abattouy 2016) (pp. 6-34)

⁴³(Ferriello and Gatto 2019) (pp. 51-105); (Ferriello 2020) (pp. 189-202).

⁴⁴Tutte le traduzioni dalla lingua persiana e le interpretazioni critiche sul lessico tecnico sono di G. Ferriello.

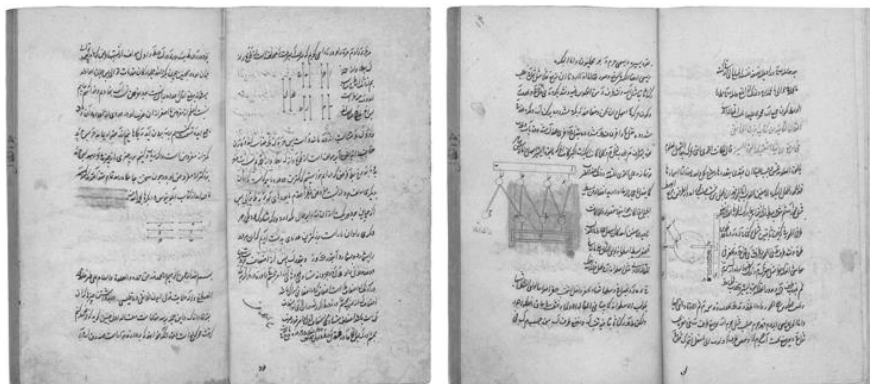


FIGURA 2. Sinistra: Inizio del I Libro di Erone ff. 2v-3r. Destra: Inizio del II Libro ff.13v-14r (da dx a sin)(da dx a sin).

Il testo è rubricato nei passaggi da un argomento all'altro e nell'*abjad* richiamato nel testo durante la descrizione delle macchine e delle spiegazioni operative.

La pagina dove ci sono in sequenza il testo di Apollonio e quello di Erone era stata riprodotta mutila nella rivista; l'immagine era troncata e la presentazione in persiano non inquadrava il lavoro del matematico di Perga entro l'intera *Majmu'a* (Raccolta) n° 197, che include il testo eroniano; ci si limitava, infatti, ad accennare che esso faceva parte della Raccolta.

La trascrizione e l'analisi dei due libri della *Meccanica*, intanto intrapresi, procedono lentamente per la complessità linguistica. Isfīzārī, infatti, utilizzava indifferentemente la lingua araba trasponendo forme linguistiche e letterarie da una lingua all'altra; nel primo libro alcune dimostrazioni di teoremi sono molto complesse e richiedono la giusta attenzione⁴⁵ e considerazione dello stato delle conoscenze al tempo in cui Isfīzārī opera (m. dopo il 1112/3).

Ancora un significativo intreccio vede coinvolti Isfīzārī e il poeta Nezāmī Aruzī di Samarcanda, al quale abbiamo fatto riferimento per la descrizione dei contenuti della Geometria da lui esplicitata nei *Quattro Discorsi*. I due, infatti, si conoscevano da prima e si incontrano a Balkh nel 1112/1113⁴⁶.

L'analisi completa dell'edizione parafrasata è funzionale ad un'edizione critica della *Meccanica* di Erone nei Codici persiani, ma esula dalle finalità del presente studio. Possiamo anticipare, in ogni caso, che il contenuto è affine all'edizione araba di Qusṭā b. Lūqā, contiene in più alcune osservazioni significative ai fini dell'inquadramento della meccanica entro argomentazioni ad essa complementari e di supporto.

Il Primo libro inizia trattando del *Baroulkos*, la cassa ABJD con l'ingranaggio di ruote dentate citata nel prologo. Perciò la collocazione dell'opera di Erone - subito dopo il breve *Trattato di Apollonio sulle ruote dentate* - motiva molto bene la sequenza dei testi,

⁴⁵Non ricorriamo alla versione in inglese in quanto Abattouy e al-Hassan spesso adattano il testo semplificandolo oppure usano suddivisioni di argomenti e sottosezioni che non esistono nella copia araba né in quella persiana.

⁴⁶(Ferriello 2020) (pp. 195-198).

che costituisce un unico organico, in cui il primo è a supporto di quanto sarà specificato nell'opera successiva.

Gli stessi tre codici -quello di Apollonio e i due libri di Erone -in versione araba li ritroviamo insieme ad altri manoscritti - due dei quali inspiegabilmente in persiano⁴⁷ - nella *Majmu'a* (Raccolta) n° 351 araba della *Ryland's Collection* di Manchester, che riguarda il *Corpus di Meccanica* di Isfizārī⁴⁸, mentre la copia araba è stata studiata da Mohammad Abattouy e Salim al-Hassani⁴⁹.

Abū Ḥātyim al-Muzāffar ben Isma'il al-Isfazārī al-Isfarledī - cioè l'Eccelso - è un importante anello di collegamento nella catena che tratteggia idealmente la sequenza della Meccanica in ambito iranico, ma non solo.

Isfizārī utilizzava indifferentemente l'arabo e il persiano trasponendo forme linguistiche e letterarie da una lingua all'altra⁵⁰; il linguista Gilbert Lazard lo annovera fra gli specialisti determinanti per la formazione del persiano - specialmente per quanto concerne la strutturazione del lessico scientifico - grazie a due testi da lui tradotti direttamente dal greco: *Risāla-e Shabaka* (La rete) e *Athār-e 'ulwī* (L'opera celestiale) sui fenomeni atmosferici (Zakari). Del Nostro il linguista scrive:

«AbūḤātyim al-Muzāffar ben Isma'il al-Isfazārī, savantmort u début di VIe/XIIesiècle, est l'auteur, en persan, d'un traité des phénomènes atmosphériques (āthār i 'ulwī)[...]et d'un autre opuscule de sciences naturelles (Risāla-i shabaka)[...] Ces écrits ne fournissent guère au linguiste qu'un témoignage sur le vocabulaire des sciences»⁵¹.

Per la ricostruzione della vita e dei suoi interessi sono utili le notes critte da M. R. 'Arshī in un articolo scritto nel 1969/70 e pubblicato sulla rivista persiana *Tarich-e 'elm* (Storia della Scienza)⁵². Accenniamo a Isfizārī per almeno quattro importanti motivi a proposito dei manoscritti rinvenuti e studiati.

- La sua traduzione parafrasata della Meccanica di Eronee dell'inedito testo di Apollonio sulle ruote dentate presenti nella *Majmu'a persiana n° 197 di Tehrān* e nella *Mjmu'a araba n° 351 di Manchester* ci conduce perlomeno ai primi del XII secolo- il Nostro muore poco dopo il 1113 -la certa esistenza di almeno una versione persiana e di una versione araba - dello stesso autore che era bilingue - delle medesime opere - di Apollonio e di Erone - per di più commentate;

⁴⁷Ferriello and Gatto (2019) (pp. 86-95).

⁴⁸Ferriello and Gatto (2019) (pp. 191-198); per i riferimenti all'intera raccolta n° 197

⁴⁹I due studiosi omettono alcuni passaggi particolarmente difficili e le ultime due proposizioni di Apollonio che riguardano i rapporti dimensionali. Le informazioni reperite nel testo persiano di 'Arshī fanno comprendere, invece, l'interesse di Isfizārī, per l'argomento e la collocazione nel testo, benché non sia da escludere che le proposizioni potessero fare parte di una trattazione più ampia - anche in più elaborati - oggi parzialmente dispersa, Ferriello and Gatto (2019) (pp. 60-67)

⁵⁰(Ferriello 2020) (pp. 195-198)

⁵¹Lazard (n.d.) (p. 107)

⁵²La traduzione in italiano della biografia scritta da 'Arshī su *Tarich-e 'elm*, (Storia della Scienza) n.9, 1-36. è in: Ferriello (2020) (pp. 98-200). Anche nello studio di Abattouy e Hassani ci sono alcune informazioni biografiche, ma non rendono in considerazione i riferimenti e le informazioni che sono nel lavoro in lingua persiana redatto da 'Arshī che permettono di delineare interessi e competenze.

- fra Isfizārī e Abū 'l-Faṭḥ Khwāzinī esiste una stretta relazione per quanto concerne le modifiche apportate al modello di bilancia idrostatica e la denominazione che il secondo fa propri;
- l'informazione è certa, essendo espressa direttamente da chi si è ispirato ad Isfizārī, che perciò è un anello di concatenazione che non si può contestare;
- La bilancia tre bracci - adeguamento di quella di Isfizārī- è disegnata nel Manoscritto *Supplement Persan n° 369*, dove è stata ritrovata per la prima volta in calce alla *Meccanica* di Erone.

In *La Bilancia della Saggezzo/o dei Filosofi* - tradotta da Nikolai Khanikoff a fine Ottocento - Abū 'l-Faṭḥ Khwāzinī cita il suo conterraneo, il quale era stato già autore di un lavoro in lingua persiana sui centri di gravità e sulla bilancia.

Dopo avere riferito di Studiosi greci e musulmani - a partire da Menelao e Archimede - che lo avevano preceduto in esperimenti analoghi e nello studio dei centri di gravità, Khwāzinī esplicita:

« [...] *The eminent teacher Abū Hātyim al-Muẓaffar ben Isma'il al-Isfazārī*[...] *also handled the subject, for some length of time, in the best manner possible, giving attention to the mechanism, and applying his mind to the scope of the instrument, with an endeavour to facilitate the use of it to those who might wish to employ it. He added to it two movable bowls, for distinguishing between two substances in composition; and intimated the possibility of specific gravities of metals being [marked] upon its beam, for reading and observation, relatively to any particular sort of water. But he failed to note the distance of specific gravities from the axis, by parts divided off and numbers*[...] *named it 'balance of wisdom'*[...]»⁵³.

La denominazione dello strumento misuratore si deve ad Isfazārī, anch'egli del Khorāsān, regione da cui provenivano molti studiosi di Meccanica, scienziato, autore di opere su temi vari, traduttore di Euclide e di Hypsicle e oggi aggiungiamo anche di Apollonio e di Erone; collaborò con 'Omar Khayyām e morì all'incirca nel 1116.

Isfazārī studiò e modificò la bilancia di Archimede, alla quale aggiunse due piatti e la chiamò *Bilancia della Saggezza*⁵⁴.

Compose opere di Astronomia, Matematiche, Scienze naturali fra le quali: *I Centri di gravità* e *Guida all'uso e all'arte della bilancia*, *L'opera celestiale*, sull'atmosfera, in persiano scritta prima dell'anno 500 H. dedicata a Fakhr al-Molk figlio di Neẓām al-Molk, un *Trattato sulle regole della guerra e sull'elezione del vincitore e del vinto*; un *Compendio degli Elementi di Euclide con un saggio sul XIV libro sui Fondamenti di Euclide*, un testo per il *Rilievo/Agrimensura*, un *Compendio del Libro sui congegni dei Banū Mūsā'* - una copia del quale è nella Raccolta n° 351 di Manchester - ed un breve Trattato - *Athar-e 'ulwi*

⁵³Khanikoff (1860a) Ristampa anastatica, 1982. Vaduz, VI, 1-128, p. 14.

⁵⁴Dicono che consegnò la bilancia al tesoriere del califfo che, temendo che fossero svelati i suoi imbrogli, la ruppe e ne nascose i pezzi nel terreno; per il dispiacere Isfizārī sarebbe morto dopo circa un anno; Ferriello (2020), «vita e opere», (Vol. I, pp. 198-200).

(L'opera celestiale) - indicato a proposito dell'importanza di Isfizārī sulla formazione del lessico scientifico⁵⁵.

Abū 'l Fath Khwāzinī perfezionò il suo modello di bilancia idrostatica aggiungendo il terzo braccio: ritroviamo questo stesso strumento misuratore sull'ultimo foglio del S. P. n° 369, da cui trarremo le 5 macchine semplici per rapportarle sul piano della didattica odierna.

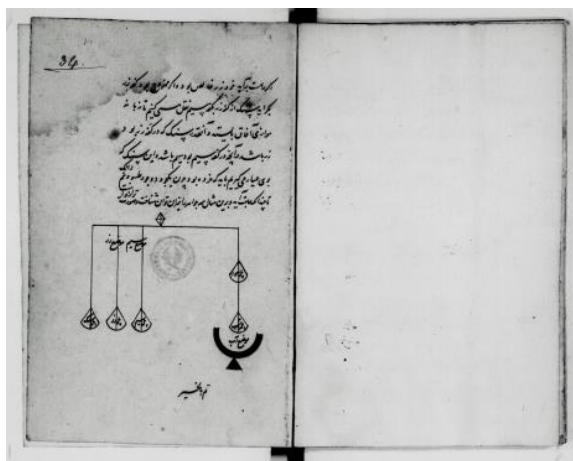


FIGURA 3. SP n° 369, La bilancia idrostatica a tre bracci.

I collegamenti e le relazioni di interessi fra gli studiosi - letti ed interpretati in chiave storica - tengono conto della ripartizione del Sapere adottata in passato in ambito islamico - quindi di elementi di natura storica-filosofica-letteraria- colmano vuoti e aiutano a comprendere l'interesse per una disciplina - la *Meccanica* - tramandata attraverso lo scritto, che è patrimonio di genti stanziali, quindi competente e in grado di 'utilizzare pulegge' per costruire edifici monumentali, come scrive Ibn Khaldūn⁵⁶. Non era, infatti, casuale la sistematica ripetizione di un testo, che varia in poche sfumature di carattere linguistico, come è ovvio che sia per la rispondenza all'epoca.

b) Meccanica e dintorni: interessi e nessi

Negli stessi anni in cui veniva scoperto il codice di Parigi, la ricerca dei testi di argomento tecnico e scientifico tradotti in ambito islamico durante il Medio Evo offriva altri elementi e risultati apprezzabili e determinanti per individuare un intrigante quadro di studi, dove emergeranno relazioni, interessi, precisazioni sulla concezione e sulla ripartizione del Sapere adottate in un ambiente a quel tempo poco o affatto studiato⁵⁷.

⁵⁵La trattazione completa è in 'Arshi e in traduzione italiana in Ferriello (2020), 'vita e opere di Isfizārī ', (pp. 198-200).

⁵⁶Paragrafo 2, *Ibidem*.

⁵⁷(Ferriello 1993).

In parallelo, venivano rintracciati, infatti, vari manoscritti persiani di Agrimensura⁵⁸, che si collocano - cronologicamente e per sviluppo del contenuto - fra i testi greci di Geometria e quelli latini di Agrimensura da un lato e i successivi testi rinascimentali di Geometria, dall'altro.

Un elemento nuovo, che spiega la stretta relazione fra Matematiche e Filosofia - disciplina fatta propria dagli studiosi musulmani ma traslata dalla Grecia, come rimarca pure Ibn Khaldūn - è costituito dalla lettura in chiave filosofica di elementi fondamentali della Geometria⁵⁹, come figure piane regolari e i concetti di punto e di incrocio in uno dei testi di Agrimensura tradotti ed analizzati, che fa parte della *Majmu'a n° 169* della Sezione Manoscritti Orientali della Biblioteca Nazionale di Francia:

«[f. 65 v.] *Nel nome di Dio Clemente e Misericordioso, ringraziamento senza pari e lode sconfinata e saggezza vadano a Colui il quale mostrò il cielo ruotante oltre capacità con i teoremi degli Agrimensori del pensiero e grazie al concetto dei lati e degli angoli misurò la figura dell'ettagono⁶⁰ del cielo e l'esagono della direzione⁶¹ e il pentagono dei sensi ed il quadrato delle sostanze⁶² ed il triangolo dei tre Regni della Natura, [colui cioè] che è il centro del cerchio dell'esistenza e ha dato i punti [di riferimento] della missione profetica che diede a Moḥammad [mentre era] alla Mecca; l'esistenza, cioè, Moḥammad l'eleto, su di Lui scenda la benedizione poiché è il più saggio di tutti e fortificò con la religione e con la tradizione, stabilì il giudizio saldo ed i piani della retta legge religiosa registrata. Trasmetta Egli il saluto ai suoi discendenti, il cui verbo è [come] l'incrocio della circonferenza della nostra era; lode a Dio, poiché [ha suddiviso] i territori abitati e le cose necessarie in parti eque; egli, con le azioni e l'intersezione delle loro genealogie, dell'ambiente e dell'epoca è il consenso di Allāh, il sapiente delle assemblee»⁶³.*

Il Trattato *L'estrazione delle acque nascoste*, scritto entro i primi anni dell'XI secolo dal matematico-ingegnere Abū Bakr ibn Moḥammad ibn al Ḥusayn al-Karajī (953 – c. 1029)

⁵⁸Anche eminenti studiosi, pur intuendo che dovevano essere noti principi teorici – come nel caso della misurazione e dell'Agrimensura – escludevano che potessero esistere fonti. Invece diversi testi di agrimensura persiani già nell'incipit dichiaravano il loro intento nel volere essere utili nell'applicazione pratica di regole di geometria. In merito: Hill (1993) Ferriello (1997).

⁵⁹Ferriello (1998) (pag. 103), dalla *Majmu'a n° 169* della Sezione Manoscritti Orientali, Biblioteca Nazionale di Francia, pubblicata integralmente per quanto riguarda i codici di Agrimensura. Ferriello (2009a), parte I e parte II.

⁶⁰L'ettagono richiama la vita terrena – la settimana – mentre il concetto del numero 8, qui ovviamente assente, si rinvia nella tradizione cristiana e indica il giorno del 'Giudizio Universale'.

⁶¹Si riferisce ai quattro punti cardinali più 'sopra' e 'sotto'.

⁶²Sono anche nel pensiero filosofico greco.

⁶³(Ferriello 2009a) *Il Kitāb-e vosul-e-mesahāt, il trattato persiano di Agrimensura, contributo alla storia della scienza in Iran*. «Atti Accademia Nazionale di Scienze, Lettere e Arti di Modena, Atti e Memorie» Parte I, Vol. XII fasc.II, 2009, (pp. 359-373), Contributo alla Storia della Scienza in Irān, Parte II, serie VIII-fasc.1, 2010, vol. I, (pp. 47-112), Parte II, *Fondamenti teorici dell'Agrimensura persiana nella Mjmu'a n° 169 della Bibliothèque Nationale de France di Parigi*, «Atti Accademia Nazionale di Scienze, Lettere e Arti di Modena», Atti e Memorie, serie VIII-fasc.1, 2010, vol. I, (pp. 47-112).

originario della regione del Jābal nella zona occidentale dell'Īrān, confermava e metteva in luce ulteriori stretti nessi Filosofi e Naturalisti greci e latini. Dalla sua vasta e varia produzione estraiamo solamente alcuni riferimenti, che chiariscono i rapporti fra studiosi e le ragioni di argomenti che hanno attinenza con la meccanica⁶⁴, sebbene per via indiretta.

Un elemento intrigante- appurato e studiato a fondo dall'autrice G.F. - era costituito dalla intensificazione e dal perfezionamento delle affinità con testi greci e latini ogni qualvolta Karajī scrive: «*ho letto antichi testi ma li ho trovati manchevoli e inutili allo scopo [...], gli Antichi hanno detto/scritto [...], un Filosofo ha detto, [...] un Sapiente ha detto/scritto*». In molti casi è stato perfino possibile rintracciare il brano antico, che costituiva il riferimento più prossimo, a volte letteralmente citato dallo studioso arabografo persiano Karajī⁶⁵, come alcuni brani di Vitruvio relativi alla ricerca dell'acqua.

Non poteva essere casuale l'interesse nei riguardi della Meccanica di Erone, specie se si considera il dibattito culturale nelle opere degli studiosi distribuiti su più secoli nelle cui opere si tratta anche dell'equilibrio dei corpi.

Karajī, per esempio, nel testo di ingegneria idraulica, dove alla maniera medievale affronta tematiche variegata e connesse fra loro, attribuisce alla forma della Terra - e ai differenti carichi - su di essa e al suo interno distribuiti - il moto terrestre che è la 'continua ricerca dell'equilibrio' espressa dalle acque interne ed esterne alla Terra; anche il terremoto è causato dall'equilibrio instabile e dal conseguente spostamento determinato dalla propensione verso il centro:

«[p. 3] *Dopo di ciò diciamo: malgrado tutte le sue montagne, i deserti, le depressioni e le sue alture 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. Dio Benedetto ed Eccelso 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.*

Per lo stesso motivo avviene che 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. Per lo scopo che ci siamo prefissato non abbiamo bisogno di trattare degli altri corpi diversi dall'acqua.

Secondo questa ipotesi, avviene che la terra si posiziona al centro e che l'acqua le si colloca attorno. Se la Terra avesse forma perfettamente sferica, secondo la stessa ipotesi, accadrebbe che l'acqua non vi penetrerebbe e in tutte le strisce prossime al centro il livello sarebbe sempre identico; nel qual caso, la sfera dell'acqua circonderebbe la terra come l'albuma dell'uovo involupa il tuorlo; [p. 4] sia che quest'acqua fosse poca, sia che fosse molta, il livello della sfera d'acqua sarebbe come il

⁶⁴Per gli approfondimenti sulla sua complessa personalità rinviamo alla vasta bibliografia facilmente reperibile richiamata anche in: Ferriello (2007)

⁶⁵L'argomento è affrontato con note critiche e commenti e con il confronto fra testi persiani greci e latini in: Ferriello (2007), anticipato in sintesi in: Ferriello (2005a), (pp. 127-146)

livello della terra. Il livello dell'acqua sarebbe parallelo al livello asciutto, necessariamente l'acqua non potrebbe circolare e formerebbe un tutt'uno con la superficie del mare e non esisterebbero le parti asciutte; eccetto le bestie acquatiche, non ne esisterebbero altre e sulla superficie terrestre non esisterebbe forma di vita, il livello dell'acqua dovunque avrebbe la stessa misura.

Ma se ritenessimo la Terra perfettamente sferica e confrontassimo le fasce esterne al centro con quelle opposte e se entro la Terra esistessero crepacci identici, vi sarebbero tre diversi modi per fare fuoriuscire l'acqua: (a) o l'acqua che permea la Terra si unificherebbe in un unico mare; (b) oppure l'acqua abbandonerebbe la superficie terrestre e la Terra sarebbe arida; (c) oppure il livello del terreno sarebbe contenuto entro le viscere della Terra e, in quello stato, il livello del suolo e quello dell'acqua sarebbero paralleli. In tutti e tre i casi l'acqua non si metterebbe in circolazione. Nel caso in cui il livello dell'acqua fosse stato inferiore al livello della terra, essa sarebbe rimasta immobile nella medesima profondità e non sarebbe possibile estrarla senza la noria⁶⁶

Ho esposto questa dissertazione soltanto per delineare la condizione fisica dell'acqua, che non scorre se non per trovare la sua forma sferica. E, ogni qualvolta l'acqua ha trovato la sua forma sferica, smette di scorrere; simile è la condizione delle costruzioni e degli insediamenti che si elevano dal suolo ed il cui crollo [p. 5] è conseguenza della sfericità della terra e del richiamo del centro»⁶⁷.

Karajī sente anche il dovere di fornire ulteriori precisazioni circa la forma fisica data alla Terra e che consegue la necessità del movimento:

«Se la terra avesse avuto forma cubica, anche le dimensioni sarebbero state diverse, mentre le porzioni situate ai due lati del centro avrebbero avuto il medesimo peso e la Terra sarebbe rimasta immobile al centro dell'Universo e la sua grandezza e la sua densità avrebbero impedito che assumesse forma sferica»⁶⁸

e ricorre a tesi sull'equilibrio anche per motivare crolli dovuti a terremoti, conseguenza della continua ricerca del bilanciamento:

«Occorre dire che all'interno della Terra esistono dei moti perpetui. Qualcuno di questi movimenti è la causa della caduta e del crollo di edifici e della deviazione [p. 13] degli oggetti dalla posizione verticale.

⁶⁶Carrucola o ruota idraulica utilizzata per l'estrazione dell'acqua dai pozzi. Sulle macchine di sollevamento idrico, cfr.: Schjøler (1973).

⁶⁷Karajī, op. cit. Da: Ferriello (1998) (p. 21)

⁶⁸Ferriello (2007), oggi in open access: https://www.kimwilliamsbooks.com/index.php?option=com_attachments&task=download&id=11, (p. 78)

E' proprio per questo che le colline e le montagne si rompono disordinatamente ed a poco poco vengono giù per la propensione verso il centro [...]»⁶⁹.

Fra gli anni '80 e '90 - quando iniziarono le ricerche dell'autrice G.F. sulla trasmissione delle conoscenze tecniche e scientifiche attraverso i testi - esistevano solamente episodici studi effettuati sulle fonti manoscritte. Essi circoscrivevano l'interesse ad argomenti di Aritmetica, di Algebra e a qualche sporadico studio di Geometria. Tutti erano effettuati su testi arabi ed eseguiti da 'arabofili', i quali generalizzavano la ricerca storico-geografica - cui si collegano le scelte in campo tecnico legato all'operatività - senza distinguere fra 'arabografi' ed 'arabi' di formazione.

La confusione era irrilevante ai fini della traduzione di singoli argomenti, ma confinava l'operato dei matematici e dei tecnici islamici a singoli episodi e a pochi testi; minimizzava il contributo di Genti che utilizzavano la lingua internazionale - l'arabo - ma possedevano una formazione differente, come la iranica per esempio. Anche l'appartenenza a ceppi linguistici era eterogenea, ma soprattutto - come puntualizza Ibn Khaldūn - disuguali erano le esperienze in chiave storica.

L'arabo era l'idioma della Rivelazione palesata dall'Arcangelo Gabriele a Maometto, era pertanto obbligatorio per ogni campo che avesse attinenza con la Religione⁷⁰, il che voleva dire con tutti i settori che riguardavano la persona.

Durante i primi tempi della dominazione islamica, presumibilmente già intorno al VII secolo, i Persiani passarono dall'alfabeto cuneiforme *pahlavī* a quello arabo. La struttura e la base linguistica erano differenti; infatti il ceppo linguistico persiano è l'indo-ario condiviso col sanscrito e con varie lingue europee, laddove la lingua araba appartiene al ceppo semitico. La necessità di distinguere fonemi dolci assenti nella lingua gutturale araba portò all'ideazione di 4 nuovi segni, che innovano l'alfabeto consonantico 'lunare' arabo costituito da 28 lettere e portarono a 32 i caratteri dell'alfabeto 'solare' persiano. Altre variazioni coinvolsero solo fonemi lasciando inalterati i caratteri simili nelle due lingue.

Accanto all'uso dell'arabo quale lingua ufficiale del mondo islamico, continuò l'uso delle lingue proprie dei vari gruppi etnici confluiti nell'Islam.

Avere concentrato lo studio soltanto su documenti in lingua araba e confondere arabo-grafo con arabo ha comportato un'analisi parziale ed episodica di studiosi e di opere, perfino nel caso di eminenti personalità⁷¹. Il condizionamento, infatti, ha lasciato fuori dalle ricerche un vasto patrimonio documentale, ma soprattutto ha dato una visione falsata nella lettura/interpretazione storica.

Talvolta si sono aggiunti ulteriori contrattempi causati dall'errata lettura della calligrafia per l'omissione o la collocazione imprecisa dei punti diacritici che caratterizzano alcuni grafemi dell'alfabeto arabo e dell'alfabeto persiano.

⁶⁹(Ferriello 1998), (p. 79)

⁷⁰Omettiamo di trattare della scrittura e del significato religioso ad essa conferito in quanto il tema esula dagli interessi qui espressi.

⁷¹Come nel caso di Karājī, del quale avere ignorato la provenienza, peraltro da lui stesso esplicitata nell'introduzione del trattato di idraulica, ha portato trascurare il ruolo di ingegnere di 'ponti, canali e strade' e la relativa sua produzione e escludendolo dal campo dell'ingegneria, cfr.: Ferriello (2007) (p. 71), e per le informazioni fondamentali su via e opere: '*Celebre matematico sconosciuto ingegnere*', e '*la vita e le opere*', *ibidem*, pp. 43-60.

Eclatante è il caso del matematico-ingegnere Karajī citato a proposito della teoria sul collegamento moto terrestre-equilibrio.

L'errata lettura della sua kunya خرج (Karaj)- che indica una città della regione iranica del Jābal –a causa della coincidente presenza del sobborgo خرخ (Kharkh) a Baghdād- che si scrive in maniera simile, a meno del punto diacritico sull'ultima lettera - è stato considerato nativo di Baghdād. Nella nuova capitale islamica egli aveva trascorso alcuni anni quale direttore della Scuola e aveva ricoperto il ruolo di Ingegnere di Ponti, Strade e Canali, ma poi era rientrato in patria.

L'errore sulla sua origine e formazione persiste ancora oggi, nonostante le prove fornite e nonostante quanto scrive Karajī in persona nel prologo del Trattato di ingegneria idraulica composto entro il 1029⁷²:

«[...] quando mi trovo in Irāq e vedo che la gente di quelle contrade è amante del sapere piccolo e grande, mi resi conto che amano e celebrano la scienza e la gente di scienza; mentre ero lì mi misi a scrivere di Matematica e di Geometria.

Poi, ritornato nel Jābal, vennero meno e non si verificarono più i soggetti che in Iraq mi avevano indotto a comporre. La fiamma del desiderio ardente di comporre si affievolì e il talento teso alla composizione si avvizzì fino a che Dio beneficò il territorio e la gente del Jābal grazie all'incontro con Maulānā il Primo Ministro, il Discendente di Maometto [...] Quindi mi sono messo a comporre questo testo affinché esso sia utile a dimostrare il metodo per l'estrazione delle acque nascoste[...]poi ho rivisto alcuni antichi testi, ma li ho trovati manchevoli e inutili allo scopo [...]»⁷³.

Abbiamo scelto Karajī non solo per le sue teorie su moto e centro di gravità, oppure come caso eclatante di errore di inquadramento nel contesto, ma anche perché egli fu in contatto con Abū al-Wafā al-Buzjānī (940-998), altro studioso di origine persiana, ma soprattutto importante per il ruolo nello sviluppo degli studi di Meccanica a Baghdād durante il califfato abbasside.

Al trasferimento della dinastia Abbasside dal Khorāsān in Iraq, era seguita fra il 762 e il 767⁷⁴ la fondazione della nuova capitale Baghdād; di lì breve l'istituzione di Scuole e di Cenacoli culturali pubblici o privati, che alimentarono l'interesse per lo studio e per le traduzioni. Con gli Abbassidi gli studiosi venivano esonerati dal lavoro manuale e mantenuti a spese dell'Amministrazione.

⁷²Ferriello (2007), (pp. 51-53). La data della sua morte è controversa e ha come termine estremo il 1029. Karajī si colloca nello stesso periodo in cui visse Avicenna.

⁷³(Ferriello 2007), (pp. 71-72).

⁷⁴(Ferriello 2009b), Matepristem,(<http://matematica.unibocconi.it/articoli/la-formazione-ed-il-ruolo-del-tecnico-medievale-musulmano>), Milano, 2009.

Interessanti relazioni sono state individuate fra diversi Studiosi⁷⁵; per esempio fra i tre fratelli Aḥmad, Moḥammad e Ḥasan Banū Mūsā' (IX secolo) e Thābit b. Qorrah (826/36-901), i primi importatori di manoscritti da Bisanzio, l'altro originario di Harran - avamposto romano e sede di una scuola di strumenti di misura - stipendiato dai figli di Ben Shākir per l'incarico ufficiale di traduttore.

Potremmo collocare idealmente il 'periodo dei traduttori' tra la fine dell'Ellenismo e la preparazione del Rinascimento assumendo come date di riferimento da una parte il 641/642, anno in cui la Biblioteca di Alessandria viene incendiata per l'ultima volta ad opera di Musulmani e, dall'altra, l'anno 1449. Quest'ultima è una data meramente simbolica⁷⁶ che ha trovato però conferma in approfondimenti. Essa fu scelta agli inizi degli anni '90 avendo a riferimento un traduttore - Mūsā' b. Moḥammad Qādhī-zādeh al-Rumī (1393 - 1449); la sua kunya 'Rumī' evidenzia, infatti, il ritorno sulla scena di traduttori romani/bizantini, quale epilogo della schiera di traduttori che passa al Rinascimento il simbolico testimone dell'interesse per i testi scritti.

Quell'arco di tempo può essere ripartito in tre distinte fasi: la prima compresa fra il VII e il IX secolo contraddistinta dalle traduzioni e dalla coesistenza di idee di varia provenienza; la seconda, compresa fra i secoli IX e XI segnata dal sincretismo e dall'elaborazione di pensiero tratto dalla cultura precedente arricchito dai contributi di tutti gli studiosi operanti in ambito islamico (musulmani, ebrei, nestoriani e cristiani); la terza fase - che potremmo definire 'periodo della maturità' e fare terminare idealmente con l'anno 1449 - trasmise in Europa il prodotto tecnico-scientifico (congegni meccanici, strumenti di misura, astrolabi), artistico e commerciale della cultura elaborata in ambito islamico e variamente caratterizzata.

La fondazione delle principali istituzioni scientifiche (scuole, biblioteche, ospedali ed osservatori) è legata al mecenatismo di corte abbasside, e specie dei califfi Ḥārūn ar-Rashīd (786 - 809) e di suo figlio al-Ma'mūn. Intorno al 200 H./c. 815, fu fondata la *Bayt al-Ḥikmah* (Casa della Scienza/Sapienza), dove il termine «Sapienza/Scienza» va inteso alla maniera greca e considerato quale risultato dell'apprendimento teorico e dell'esperienza. Ad essa erano annessi un osservatorio astronomico ed una fornita biblioteca divenuta un importante centro di traduzioni.

La disponibilità di testi derivava principalmente dalle spedizioni effettuate dai Banū Mūsā' - che erano arrivati dal Khorāsān insieme ai califfi - a Bisanzio, dalle relazioni con astronomi/logi indiani e dal trasferimento di testi da Alessandria furono importati a Baghdād vari manoscritti di medicina, di astronomia/logia, di matematica e di filosofia.

All'interno della Casa della Scienza è stata ipotizzata⁷⁷ una rigorosa organizzazione. Infatti, un segretario selezionava le opere da tradurre, le ripartiva fra gli studiosi, che le

⁷⁵(Ferriello 1998) (pp. 45-63). Va precisato che le ricerche non trovarono interesse in ambito istituzionale e poterono essere pubblicati solo molti anni dopo. Per esempio, lo studio su Karājī - già citato e utilizzato nella Tesi di Laurea in Lingue e Letterature straniere moderne nel 1993, potè essere pubblicato solo nel 2007; il lavoro sui codici di Agrimensura potrà essere pubblicato soltanto nel 2010, quello sulla Meccanica nell'annata 2003 di *Nuncius* 2005.

⁷⁶Individuata già nella Tesi di Dottorato di Ricerca del 1998, rivela attendibile anche alla luce di successivi studi e ricerche.

⁷⁷

traducevano collazionando più manoscritti. Alla fine, se necessario, si procedeva alla correzione delle versioni traendone un unico testo.

Sedi per lo studio erano anche le scuole coraniche - *Madrassa* - e i *Bimaristān* o *Maristān* ospedali su modello del più noto ospedale di Gundishāpur, dove operarono anche i medici nestoriani della famiglia Baktīshū.

Ad un secolo dalla fondazione, la capitale abbasside annoverava ben cinque ospedali pubblici, alcuni specializzati per branche mediche, finanziati con fondi di istituzioni caritatevoli, *waqf* (Fondazioni).

Oltre alle cure, l'ospedale provvedeva, in caso di necessità, al sostentamento degli invalidi. Il servizio ospedaliero era gratuito, anche se alcuni medici potevano percepire un onorario; a capo del personale medico ed infermieristico vi era un *nāzir* (ispettore) amministratore, non medico di nomina politica. L'aggiornamento del personale medico avveniva nello stesso ospedale attraverso l'osservazione diretta dei casi ed attraverso l'aggiornamento operato sui testi conservati *in loco*. Nella moschea si poteva continuare l'approfondimento teorico della scienza medica. Dai Califfi abbassidi fu stabilito che, dopo il ciclo di studi teorici ed il tirocinio pratico, gli studenti elaborassero una dissertazione scritta per potere ricevere una licenza che li autorizzasse a praticare la professione medica; obbligatorio era anche il giuramento ippocratico⁷⁸.

La *Madrassa* (o scuola coranica) islamica è nota soprattutto per l'insegnamento del diritto, benché non manchino esempi di scuole addette all'insegnamento della medicina, come quella siriana di Damasco fondata nel 622H./1225, ricca di dotazioni terriere e di proprietà immobiliari, le cui rendite servivano ad elargire borse di studio per gli studenti meno abbienti⁷⁹.

Contemporaneamente allo studio di discipline scientifiche effettuato presso le istituzioni califfali, esisteva quello svolto in cenacoli privati presso un maestro di chiara fama. Noto era il circolo culturale di Yūḥannā b. Māsawayh, che accolse, per qualche tempo, anche il medico-traduttore Ḥunayn ibn Ishāq; celebre anche il cenacolo dei citati Banū Mūsā', i cui proseliti - spesso scoperti direttamente dai tre fratelli, come Ṭhābit ben Qorrah - venivano regolarmente stipendiati perché traducevano testi scientifici.

L'insegnamento era basato sulla lettura di un testo, sul successivo commento e sulla sua memorizzazione; infatti, nel mondo islamico la trasmissione del sapere privilegiava la parola e la sua ripetizione.

Intorno al secolo XI secolo si affermano le Biblioteche dipendenti da fondazioni pubbliche dotate di cospicui patrimoni librari, come la celebre Mustanṣiriyya di Baghdād.

Dal *Kitāb al-Fihrist* (la *Lista*)⁸⁰, redatto nel X secolo da Abū al-Faraj Moḥammad ibn Ishāq ibn Moḥammad ibn Ishāq (Ibn al-Nadīm) per registrare i testi disponibili nel negozio-libreria di suo padre, Abū Ya'qub, redatto per informare il Califfo interessato all'acquisto di libri, deduciamo indicazioni sugli interessi e sullo stato delle traduzioni. Infatti egli specifica che alcuni testi erano disponibili in traduzione e da chi erano stati tradotti, ma accenna pure a libri che non erano stati ancora tradotti.

⁷⁸(Nasr 1977), (p. 75)

⁷⁹(Savage-Smith 1997), (pp. 154-212, p. 193).

⁸⁰(Al-Nadim 1970). La compilazione risale al 935 d. C. o di lì a poco.

Archimede (m. 212 a. C.) aveva un posto di rilievo nelle traduzioni riguardanti la Statica e la Meccanica; i suoi studi sull'equilibrio dei piani, sulle bilance e sull'idrostatica focalizzarono l'attenzione di traduttori/elaboratori notevoli, come al-Kindī (801-873) autore del *Trattato sui corpi immersi nell'acqua* sulla base del testo archimedeo; la bilancia e l'equilibrio furono oggetto di interesse di Isfizārī e di Abū'l-Fath Khwāzīnī, ma indirettamente entravano nel dibattito anche di studiosi di altre branche del sapere, come abbiamo visto nel caso di Karājī.

Interessi prevalenti riguardavano discipline dall'evidente risvolto pratico quali Astronomia e Matematiche. Alcune elaborazioni erano in corso o in via di perfezionamento, come la Meccanica, di cui oggi disponiamo sia della versione araba di Qusṭa, sia di diversi manoscritti persiani. Il dibattito intorno alla disciplina mutuata dal mondo ellenistico si andava estendendo ed approfondendo e il testo di Erone sarà più volte ricopiato.

Molto dicono le relazioni fra studiosi che manifestavano interessi affini e/o complementari.

Fra i traduttori arabografi più attivi durante il periodo formativo islamico figuravano Ḥunayn b. Ishāq, suo figlio Ishāq b. Ḥoneyn, Thābit b. Qorrah che revisionò le traduzioni di matematica effettuate dai primi due, che erano medici e non matematici, Abū al-Wafā' al-Buzjānī, la setta mistica neoplatonica degli Ikhwān al-Ṣafā', al-Nayrizī, Mā'shallāh, Qusṭā b. Lūqā al-Ba'albakkī – traduttore della *Meccanica* di Erone dal greco in arabo -, Abū Ja'far (X sec.) al-Khwāzīnī – traduttore della *Diottra* di Erone, oggi introvabile -, conterraneo di Abū 'l-Fath (XII sec.), che trasforma la bilancia di Isfizārī, conosce i testi sull'equilibrio dei corpi scritti da Archimede e Menelao in poi, e potrebbe anche avere tradotto la Meccanica. Fra l'altro, la sua condizione di schiavo greco affrancato gli consentiva di padroneggiare anche la lingua greca.

Thābit b. Qorrah (826/7 - 901) era legato ai Banū Mūsā', dai quali veniva stipendiato per il lavoro di traduttore, in una vera e propria scuola di traduttori di testi dal greco e dal siriano. A Thābit si devono la trasmissione di numerose opere di Euclide, di Archimede, di Apollonio - in specie dei primi sette libri delle *Coniche* -, di Pappo il Greco, di Theodosio, di Tolomeo, di Eutocio, di Boezio, nonché di vari testi di medicina, alla traduzione dei quali collaborava il figlio Sinān. Thābit b. Qorrah compose commenti e dimostrazioni alternative del teorema di Pitagora, studi su segmenti parabolici, una trattazione sui quadrati magici, studi sulle trisezioni di angoli; formulò, inoltre, proprie teorie astronomiche⁸¹, come la Trepidazione degli equinozi; si occupò di Astronomia di derivazione greca⁸². Notevole per lo studio della Statica medioevale islamica è il suo Kitāb al-Qarastūn (Libro sulla bilancia), del quale abbiamo trattato in precedenza.

A Baghdād operò anche Moḥammad ben Moḥammad Yahyā ben Isma'il ben al-'Abbās Abū-'l-Wafā' al-Buzjānī (940 - 998); commentò l'Algebra di Khwārizmī assieme ad altre opere di vari autori alessandrini. Circa l'Algebra, che esula da questa trattazione, diremo preciseremo solamente che il prologo manifesta chiari intenti applicativi, caratteristica che l'opera ha perso col tempo:

⁸¹(Boyer 1990) pp. 274-276

⁸²(Boyer 1990) pp. 276

«[...] *Oggetto di questo libro è il calcolo in caso di eredità e di possedimenti, di suddivisioni in caso di partecipazioni ereditarie, di prescrizioni governative ed anche nel caso di qualsiasi altra questione relativa a contrattazioni come, per esempio, la suddivisione dei terreni, le misurazioni [delle portate] fluviali, nella topografia e nelle altre trattazioni di scienze matematiche, tutti casi nei quali è possibile avvalersene. Mi sono messo a comporre questo testo in buona fede; mi auguro che il contenuto e la sua forma letteraria - con l'aiuto ed i benefici della grandezza divina - trasmettano all'intelletto ed alla buona volontà il valore ed il fondamento lodevole, facendo sì che essi vengano conosciuti [...]*»⁸³.

Oltre ad essere un esperto matematico, Abū-'l-Wafā' si occupava di calcoli in materia fiscale, era anche un astronomo/astrologo di fama, tanto da essere chiamato a dirigere l'osservatorio astronomico di Baghdād assieme ad al-Sadhāni ed Abū Saḥl al-Kūhī, altro studioso di origine persiana proveniente dalla regione del Māzandarān, la stessa di Abū-'l-Wafā', il cui contributo più notevole all'astronomia fu la scoperta dell'eccentricità dell'orbita lunare, la cosiddetta «*aequatio centri*»⁸⁴; con lui, inoltre, la matematica di derivazione e:

«[...] *la trigonometria assume una forma più sistematica in cui vengono dimostrati teoremi come le formule di duplicazione e le formule di bisezione*»⁸⁵.

Determinante fu il concorso offerto dallo scienziato persiano con la traduzione dell'*Arithmetica* dell'autore alessandrino Diofanto, la cui conoscenza era stata mediata attraverso l'*Algebra* di Abū Kāmil al-Miṣrī. Il testo venne utilizzato da Karājī «*per diventare un discepolo arabo di Diofanto*»; Abū-'l-Wafā' tradusse anche lavori di Ipparco di Bithynia, di Tolomeo e di Pappo il Greco⁸⁶.

Contemporaneamente alla traduzione dal greco in arabo della *Meccanica* di Erone - effettuata da Qusṭā b. Lūqā (m. 912) probabilmente con il concorso di Aḥmad Banū Mūsā' - a Baghdād fu eseguita la versione araba della *Introduzione alla Meccanica* di Pappo inclusa nell'VIII Libro della *Collezione Matematica*. Basandosi su questo lavoro, lo studioso statunitense David E. P. Jackson, alla fine degli anni Ottanta, sulla scorta di argomentazioni di carattere linguistico su traduzioni arabe di Erone e di Pappo, dimostrò l'indipendenza della versione di Qusṭā da quella dell'*Introduzione alla Meccanica* di Pappo attribuita al persiano arabografo Abū-'l-Wafā' al-Buzjānī⁸⁷.

Nell'articolo pubblicato prima della sua improvvisa scomparsa, lo studioso non riusciva a cogliere le ragioni della presenza di lemmi che non sapeva spiegare. Invece, proprio quei termini tecnici - definiti «singolari» - sono per noi dirimenti. Essi, difatti, altro non sono che i corrispettivi lemmi persiani che designano alcune macchine semplici, come leva e

⁸³50, circa 1985, (versione persiana), p. 37., traduzione italiana G. Ferriello.

⁸⁴(Hankel 1872) (pp. 348-349).

⁸⁵(Boyer 1990) (p. 278)

⁸⁶Abu al-Wafā' fu traduttore di Diofanto, di Ipparco di Bithynia, di Tolomeo e di Pappo il Greco.

⁸⁷(Jackson n.d.), (pp. 369-390).

cuneo e sono proprio quei termini che ritroviamo nei manoscritti persiani semplicemente traslitterati con caratteri arabo-persiani.

D. Jackson forse per la mancata conoscenza del persiano non ha rimarcato le interferenze fra la lingua araba e la persiana lasciando senza risposte quesiti che emergono tra le righe del suo lavoro⁸⁸; egli, infatti, in base alle differenze linguistiche evidenziate fra i due testi di meccanica, si limitò semplicemente ad escludere che Qusṭā potesse essere anche il traduttore del lavoro di Pappo; mentre, alla luce dei tredici rinvenimenti, noi oggi possiamo affermare - senza timore di essere smentiti - che parallelamente alle traduzioni di testi di meccanica in lingua araba venivano redatte copie in lingua persiana. Queste, per di più, sono distribuite su un più ampio e continuativo arco di tempo.

Analogie linguistiche e stilistiche rilevate per il testo di meccanica sono presenti anche in un altro lavoro di Abū al-Wafā', che affronta la risoluzione di problemi geometrici mediante l'impiego della riga e del compasso ad unica apertura⁸⁹.

Karajī - più famoso come matematico e meno conosciuto come ingegnere - erediterà dall'amico Abū al-Wafā' la direzione della Scuola bagdadena, che lascia per tornare in Irān, dove scriverà - o perlomeno ultimerà - e dedicherà al condottiero Abū Ġanim Ma'ruf b. Moḥammad il trattato, che preferiamo definire 'di ingegneria' considerati gli argomenti in esso svolti e il ruolo delle dimostrazioni geometriche alla base della strumentazione di misura che egli progetta. Nel testo, in linea con la tradizione del tempo e con l'organizzazione enciclopedica del sapere, l'autore disquisisce anche dell'equilibrio dei corpi e del movimento. Questi argomenti si riallacciano a Thābit, che aveva approfondito lo studio sull'equilibrio di una barra omogenea e sulla bilancia romana - *kerastonis* - a bracci disuguali basata sul principio della leva. La trattazione della bilancia sarà ripreso da Isfizārī e da Abū 'l Fath Khwāzinī al-Khorāsānī per ritornare - ben visibile - alla fine del II Libro della Meccanica di Erone che F. Pétis de la Croix fece arrivare in Francia.

Lo zelo dei Persiani nei riguardi della «forestiera meccanica» acquisita dal mondo alessandrino - quindi estraneo all'ambito islamico - viene spiegato con la frase di un personaggio chiave di una favola tradotta dal persiano in francese da François Pétis de la Croix, il possessore del *S.P. n° 369*.

In *Histoire de Malek et de la princesse Schrine*⁹⁰ l'étranger - costruttore della cesta volante, che Malek Utilizza per salvare l'amata prigioniera in una torre - spiega a cosa serve la Meccanica e fa percepire lo stupore di chi vedeva in funzione le macchine:

«[...] *Ne vous imaginez pas, poursuivit-il, qu'il y ait de l'enchantement dans ce que vous venez de voir; ce n'est point par des paroles cabalistiques, ni par la vertu d'un talisman que ce coffre s'élève en l'air; son mouvement est produit par l'art qui enseigne les forces mouvantes; je suis*

⁸⁸La prematura scomparsa dello studioso ci ha privati della possibilità di fruire di ulteriori approfondimenti da lui probabilmente effettuati in quanto il lavoro citato è un articolo.

⁸⁹Per l'analisi di questo lavoro: Ferriello (1998, pp. 27-28) and Woepcke (1855)

⁹⁰La favola è tratta dalla raccolta *Hezaryek-Rouz* (Le mille e un giorno)- omologa della più famosa Raccolta di novelle araba 'Le mille e una notte' - del derviscio Moclès. Strana coincidenza - che rientra nel nostro approccio interdisciplinare e quindi in una ricerca anch'essa interdisciplinare e in chiave storica. Fu tradotta dal persiano in francese da François Pétis de la Croix. La favola era nota anche a Carra de Vaux (Carra de Vaux (n.d.) Il de Vaux, però, attribuisce la traduzione del racconto a D. Cardonne (1720 - 1783) insieme a F. P. de la Croix (1653 - 1713).

*consommé dans les mécaniques, et je sais faire encore d'autres machines aussi surprenantes que celle-ci [...]*⁹¹.

4. Il Supplement Persan N° 369: scheda tecnica di inventario

Titolo/soggetto e specificazione del titolo:

Kitāb-e jarr-e al-thaqil/Traité des forces mouuantes des Perses;

in seconda pagina, con caratteri persiani: *Kitāb-e jarr-e al-Thaqil* (Libro: il Sollevatore dei pesi) ed in secondo rigo: *risāleh* (Trattatello).

Il *Supplement Persan n° 369* risulta dall'unione di due testi complementari per argomenti: la rielaborazione in versione breve del secondo libro del *Sollevatore dei corpi pesanti di Erone* - che occupa le pagine pari delle carte comprese fra 2v. e 30v. incluse - e la sintesi del Trattato *La bilancia della saggezza* (cc. 32 a 34) compilato da Abū 'l Fath Khwāzīnī al-Khorāsānī entro il XII secolo.

L'assenza della *ḥamdala* (ringraziamento finale rituale) al termine del II Libro della Meccanica indica che i due testi si volevano in sequenza. Infatti la preghiera rituale è sempre nell'*explicit* che conclude un'opera.

Il passaggio fra i due elaborati avviene con la frase «*passiamo ora alla bilancia della saggezza*», che conferma la correlazione non casuale i due testi.

Luogo di conservazione: fino al 1789 nella collezione del marchese de Paulmy nella Bibliothèque de l'Arsenal di Parigi; dal 1860 trasferito alla sezione *Manuscripts Orientaux della Bibliothèque Nationale de France* a Parigi, dov'è ancora oggi.

Autore: classificato ignoto.

Copista: ignoto.

Provenienza: Isfāhān.

Inizio del testo:

Luogo di conservazione: fino al 1789 nella collezione del marchese de Paulmy nella Bibliothèque de l'Arsenal di Parigi; dal 1860 trasferito alla sezione *Manuscripts Orientaux della Bibliothèque Nationale de France* a Parigi, dov'è ancora oggi.

Autore: classificato ignoto.

Copista: ignoto.

Provenienza: Isfāhān.

IL PRIMO TESTO:

Il II Libro Della Meccanica di Erone

Occupava le carte da 2v a 30r

Inizio del II Libro della Meccanica:

2v
 بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
 ٢ الحمد لله رب العالمين و الصلوة على محمد و آله اجمعين
 ٣ باب اول در ذكر نامهای آلات جر الثقيل بدانکه
 ٤ آلتهاى وى پنجست محور و منجل و بکره و لولب و اسفین

⁹¹Sebag (1978) (pp. 89-117); Sebag (1980) (p. 270).

Cioè:

«Nel nome di Dio, Clemente e Misericordioso, grazie a Dio, Signore dei due mondi, la benedizione di Dio cada su Moḥammad e sui Credenti. Primo capitolo: riguarda i nomi dei congegni per sollevare pesi, i quali congegni sono cinque: asse [nella ruota], leva, puleggia, vite e cuneo»

Fine del II Libro della Meccanica:

۱۱ رسن از استقامت چرخها میل کنند و آسان
۱۲ نکردد پس واجب کند که چرخها را بر استقامت
یکدیگر بسازند
و بدین جمله نموره آمد و صورتش اینست

Cioè:

«La corda viene deviata dall'attrito delle ruote, così non scorre facilmente. Perciò è indispensabile che le ruote siano costruite in modo da avere forze di attrito uguali fra loro, come abbiamo detto, e così viene compiuto il lavoro, come mostra la figura parzialmente»



FIGURA 4. Tagliata durante la rilegatura.

IL II TESTO:

Il Trattato della Bilancia della Saggazza/dei Filosofi

di Abū 'l Fath Khwāzīnī al-Khorāsānī

Occupa le carte 30v-34r

Inizio del testo:

30v

۱ صفت ترازوی حکمت بکیریم عمودی راست اولش
۲ متساوی الاجزاء ماهی پشت چون عمود قبان
۳ و هرچند درازتر بود بهتر بود و ما را معلومست

«[30 v.] *Parliamo ora della Bilancia della saggezza. Si tratta di un'asta dritta, di sezione omogenea, col dorso a forma di pesce, come la perpendicolare della bilancia romana*⁹², *che possiamo portare dove vogliamo*».

Fine del II Trattato sulla bilancia:

۶ تا چنانکه حاجت آید و برین مثال همه جواهر را میزان
۷ اینست تم بالخیر

«*Con tale metodo siamo in grado di conoscere la purezza di tutti i gioielli. La figura della bilancia è quella che segue*».

Il manoscritto

Il testo non è ortografato e contiene richiami sulle pagine scritte in persiano.

La rubrica è realizzata con inchiostro meno denso, di colore rosso.

Datazione della versione persiana: probabilmente, XI - prima metà XII secolo.

Datazione della copia persiana: XV-XVI secolo (F. Richard); la catalogazione on-line della Biblioteca Nazionale di Francia riporta, però, XVI secolo.

Scrittura: nastalik⁹³ persiana.

Possessore: François Pétis de la Croix, dono di Mir Mortezā, genero di Shāh'Abbas II ricevuto fra il 1674 e il 1674.

Copertina: in cuoio marrone incollato su cartone; XVIII secolo.

Supporto: carta non filigranata di spessore medioleggero e di colore avorio, opaca. I profili dei fogli sono in colore marrone scuro.

Rilegatura: verticale; probabilmente effettuata in Francia. È stato usato uno spago in colore naturale per la cucitura dei fogli e cotone di colore azzurro chiaro per le parti terminali della costa.

Sono stati aggiunti: alcuni fogli di guardia all'inizio del libro-manoscritto, il foglio di retrocopertina con la marca di inventario, il foglio il 47°, dove sono riportati il numero dei fogli e la data «18 Novembre 1874».

Dimensioni della copertina: cm. 18,65^h x cm. 12,30^b; dorso, h. cm. 0,12.

Dimensioni delle pagine: cm. 18,00^h x cm. 12,00^b.

Numero di righe: 14 righe in pagine prive di figure, in numero minore nel caso di disegni

Numero di fogli e loro descrizione: 34 fogli di testo; 12 fogli di guardia ma solo all'inizio del libro, dei quali è numerato il n° 47.

La parziale traduzione francese di mano di F. Pétis de la Croix è sulle carte: 3 r., 3 v., 5 r., 5 v., 7 r., 7 v., 9 r., 9 v., 11 r., 11 v., 13 r., 13 v., 19 r., 19 v., 21 r., 27 v., 31 r., 31 v.

I disegni sono sulle carte: 4 r., 4 v., 6 r., 8 r., 8 v., 10 r., 10 v., 14 r., 18 r., 18 v., 20 v., 22 v., 26 r., 28 r., 30 r., 34 r.. La c. 34 v. è incollata alla copertina.

Le carte 13 v., 15 r., 15 v., 17 r., 17 v., 21 v., 23 r., 25 r., 25 v., 27 r., 29 r., 29 v., 33 r., 33 v. sono bianche.

Numerazione dei fogli: in cifre indo-arabe in alto a sinistra, ad eccezione del foglio di

⁹²Usa il termine *qabân*, che è l'arabizzazione del termine *qapân*, cioè una bilancia con un solo gradino o un solo piatto; al posto dell'altro piatto vi si sospende la pietra come contrappeso, è la bilancia cosiddetta "romana".

⁹³«*Nastalik*» è un tipo di scrittura corsiva tipica della Persia; ha bordi arrotondati e contenuta ampiezza dei caratteri.

guardia n° 47, che la reca in basso.

Bordi delle pagine: i bordi non sono contornati da linee; lo specchio della scrittura è rettangolare nei fogli col solo testo, è di forma variabile in presenza dei disegni. I bordi hanno le seguenti dimensioni: parte esterna, da cm. 3,7 a cm. 3, 95; parte interna, da cm. 1,3 a cm. 1,4; parte alta, da cm. 2,1 a cm. 2,5; parte bassa, da cm. 1,8 a cm. 2. Fanno eccezione i fogli 18 e 30 tagliati durante la rilegatura.

Inchiostri: china di colore nero e rosso per il testo; seppia, blu e rosso, con legende in colore nero per i disegni. Il disegno su pagina 6 r. ha la cornice e le sezioni delle ruote in colore oro.

I titoli dei capitoli e dei paragrafi sono scritti con inchiostro più diluito e di colore rosso sbiadito.

Alcune correzioni apportate alle annotazioni in francese (dal possessore del manoscritto?) sono effettuate con inchiostro di densità diversa rispetto al testo, la grafia è, però, sempre la stessa.

Timbri e marche: sul retro-copertina è incollata una marca di carta con bordi frastagliati incollata con la scritta «*Suppl. Pers. 369*» su tre righe differenti ed a stampa.

La c. 2 r., porta impressi e due timbri dei quali uno con lo stemma e la scritta «*Bibliothèque Imperiale*» ed un'aquila coronata; uno con la scritta «*Bibliothèque de l' Arsenal*» ed al centro due palmette incrociate. Questo timbro è anche sulla parte centrale della c. 20 v., e sulla c. 34 r.. Il passaggio del manoscritto nella biblioteca della Marina si spiega con il grado di Ammiraglio posseduto da F. P. de la Croix.

Disegni: sulle pagine c. 4 r, c. 4 v (2 disegni), c. 6 r. (2 disegni), c. 8 v., c. 10 r., c. 10 v., c. 14 r., c.18 r., c.18 v., c. 20 v., c. 22 v., c. 26 r., c. 28 r., c.30 r. (2 disegni, quello nella parte bassa risulta tagliato durante la rilegatura), c. 34 r..

I disegni sono eseguiti con inchiostro di colore nero, rosso e blu; per uno è stato usato anche inchiostro colore oro. Le lettere dell'*abjad* dei disegni sono di colore nero.

Scala grafica dei disegni: assente.

Scritte in caratteri europei: Oltre alle marche ed ai timbri, la terza pagina dopo la copertina reca: in alto «*2e S. Pers. 81 bis*»; nella parte centrale della pagina è scritto: «*Volume de 34 feuillets. Les Feuilletts 16, 17, 23, 26, 29, 33 sont blancs e, sotto, 18 Novembre 1874*». Sul verso dell'undicesimo foglio bianco è riportato: «*Traité des forces mouuanter des Perses*» Su c. 2 r. in alto: «*Ex Libris Péris de Lacroix*».

Brani di traduzioni e/o annotazioni in lingua francese sono sulle carte 3 r., 3 v., 5 r., 5 v., 7 r., 7 v., 9 r., 9 v., 11 r., 11 v., 13 r., 13 v., 19 r., 19 v., 21 r., 27 v., 31 r., 31 v..

La parziale traduzione in francese del testo persiano è attribuibile alla stessa mano che, in qualche caso, ha effettuato delle cancellature con inchiostro di diversa intensità per sostituire qualche termine.

Stato di conservazione: Alcune pagine sono invase da ampie macchie di umido che alterato lo stato di conservazione del manoscritto oggi risulta mediocre/cattivo per la carta e mediocre per la copertina per la quale è stato usato materiale di uso corrente, in parte usurato.

Annotazioni sui disegni: I disegni riproducono in sezione oppure da differenti punti di vista varie macchine presenti anche nella versione araba del *Sollevatore dei corpi pesanti* di Erone eseguita da Qusṭā b. Luqā. La rappresentazione grafica del manoscritto persiano è più precisa dal punto di vista tecnico-rappresentativo ed è meno approssimata nei particolari.

La terza dimensione è accennata in dettagli quali la convergenza di linee dei ritti di alcune macchine. I disegni sono stati eseguiti con l'aiuto di una riga; ciononostante, non sempre sono rispettati gli allineamenti ed i parallelismi di segmenti.

L'inchiostro policromo delle immagini - blu, rosso (in due toni e densità differenti), seppia e nero - differenzia le parti delle macchine.

L'esecuzione dei disegni è posteriore alla scrittura del testo, infatti, alcuni disegni sono stati adeguati allo spazio lasciato libero dal copista, tant'è che risultano ruotate di 90° (Figg. 5, 6, 8, 12, 17).

Un disegno presenta dei particolari realizzati con inchiostro colore oro.

Negli esempi, le indicazioni numeriche dei carichi e delle forze del testo persiano - espresse in «gaz» - corrispondono a quelle della versione di Carra de Vaux, a meno della scala indicata in «*talenti*» nella versione tardo-ottocentesca, «*qintar/qinâtar*» in quella araba, in «*libbre*» nel testo di Carra de Vaux. F. Pétis de la Croix ha forse effettuato la parziale traduzione in differenti tempi: il testo reca alcune cancellature e correzioni effettuate con inchiostro meno denso e di colore più sbiadito a sostituzione di alcuni vocaboli depennati.

Mostre: nessuna.


Pubblicazioni: G. Ferriello, *La Meccanica di Erone in una inedita versione persiana medievale annotata dall'emissario di Lugi XIV*, in: Atti, XVI Congresso AIMETA, Associazione Italiana di Meccanica Teorica ed Applicata, Ferrara, 9 – 12 settembre 2003, p. 8 e CD, Memorie Lavori 175/083; *Il ritrovamento di un manoscritto persiano: La Meccanica di Erone*, IV Congresso SIMS, Padova, settembre 2004, Preprint pp. 14 – 18; Ferriello, *The lifter of Heavy Bodies of Heron of Alexandria in the Iranian World* in: «Nuncius Journal of History of Science», Nuncius: annali di storia della scienza, ISSN 0394-7394, Vol. 20, N° 2, 2005, 327-345; G. Ferriello, M. Gatto, R. Gatto, *The Baroukos And The Mechanics Of Heron*, Firenze, Leo Olschki, 2016.

5. Le cinque macchine semplici nel II Libro della Meccanica

*tradotto in persiano nel SP n° 369*⁹⁴

TRADUZIONE	TRASCRIZIONE
[2 v.] Nel nome di Dio, Clemente e Misericordioso, grazie a Dio, Signore dei due mondi, la benedizione di Dio cada su Moammad e sui Creddenti. Il primo capitolo riguarda i nomi dei congeggni per sollevare pesi, i quali congeggni sono cinque: asse [nella ruota], leva, puleggia, vite e cuneo	<p style="text-align: right;">2v</p> <p style="text-align: center;">بسم آلاه الرحمن الرحيم ٢ الحمد آلاه رب العالمين و الصلوة على محمد و آلهاجمعين ٣باب اول در ذكر نامهاى آلات جر الثقيل بدانكه ٤ التهاى وى پنجست محور و منجل و بكره و لوب و اسفين</p>

⁹⁴Nota alla trascrizione: per evitare problemi interpretativi, la lettera ع che si trascrive correttamente con (‘) è stata sostituita dalla Ğ che si trascrive con Ğ; per la trascrizione della lettera خ – che oggi è KH - abbiamo utilizzato, invece, quella in uso fino ad alcuni anni orsono, che faceva corrispondere il carattere persiano a X

<p>Un meccanico⁹⁵ ha dichiarato: «se sulla⁹⁶ terra ferma c'è un posto dove si possa stare, io, grazie a questi strumenti, sposterò la terra dal proprio posto». Il secondo capitolo [è] relativo alla spiegazione di [ciascuno] strumento; esso è suddiviso in cinque paragrafi. Il primo paragrafo tratta dell'asse. Sappi che l'asse è costituito da una lunga barra di legno o di ferro, quadrata nella parte centrale e con entrambe le estremità arrotondate. A una delle sue estremità si costruisca una ruota, tale che l'asse sia collocato saldamente al centro della ruota. Intorno alla ruota vengano realizzate delle prese</p>	<p>۵ مجانیقی دعوی کرده که اگر بروی زمین موضعی ممکن بودی ۶ که بروشایستی ایستادن من ببعضی از ین آلتها زمین را ۷ از مکان خود بیرون بردمی⁹⁷ باب دوم اندر شرح ۸ آلت و آن پنج فصلست فصل اول اندر محور بدانکه محور ۹ چوبیست یا آهن دراز میانش چهارسو و دو ۱۰ طرف وی مدورست و بر یک جانب ۱۱ آن چرخ ساخته چنانکه محور در میان چرخ ۱۲ باشد محکم و کردبرگرد چرخ دینها ساخته</p>
<p>U[4 r.] in modo da poterle impugnare con la mano e [l'asse] sia fissato saldamente su due sostegni verticali in modo da ruotare facilmente su di essi. La sua figura è la seguente: (figura 1). Se, per mezzo di questo strumento, vogliamo sollevare un determinato peso con una forza nota, bisogna che il rapporto fra il diametro dell'asse e il diametro dell'orbita⁹⁸ sia pari a quello tra la forza e il peso. Per esempio, se, per mezzo di tale strumento, vogliamo sollevare un peso di 10 <i>man</i>⁹⁹ con una forza di 1 solo <i>man</i>, come il peso K, costruiamo un asse, che abbia entrambe le estremità circolari e che sia quadrato nella parte centrale, come l'asse AB. Ad una delle estremità costruiamo una ruota, tale che il suo diametro sia dieci volte il diametro dell'asse, come la ruota G, e vi costruiamo intorno le prese, come T, L, M, N, S, F, poi collochiamo l'asse su due appoggi verticali, come i sostegni HK¹⁰⁰ e HZ; prendiamo una corda, una estremità della quale viene legata all'asse e l'altro capo</p>	<p>4r ۱ چنانکه بدست شاید گرفت ۲ و بر دو قایمه محکم نهاده ۳ چنانکه آسان بر وی بگردد و صورتش</p>  <p>fig. 1 ۴ اینست چون خواهیم که بدین آلت ثقیلی معلوم را بقوتی ۵ معلوم بر گیریم باید که نسبت قطر محور بقطر ۶ فلک چون نسبت قوه بود بتقیل مثال اگر خواهیم ۷ که ثقیل ده من بقوت منی برداریم چون ثقل ک ۸ محوری کنیم دو طرف مدور و میان مربع چون ۹ محور آ ب و بر یک جانب چرخ سلزیم چنانکه ۱۰ قطر آن ده چند بار قطر محور بود چون چرخ ع ۱۱ و کرداگرد دستها درسازیم چون دستهای ط ۱۲ ل م ن س ف پس محور را بر دو قایمه ۱۳ نهیم چون دو قایمه ح ک ه ز آنگاه رسنی ۱۴ بیاوریم و یکسر او در محور بندیم و یک سر</p>

⁹⁵ Nel testo *مجانیقی* meccanico, termine semplicemente trascritto dal greco con caratteri dell'alfabeto persiano/arabo. Il riferimento è ad Archimede, benché non sia espressamente citato, anche F. P. De La Croix, nelle sue brevi note a margine, accenna al meccanico greco.


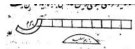
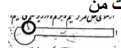
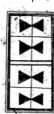
⁹⁶ Nel testo persiano esistono due preposizioni: *ruy-e* e *birun*, la prima è stata cancellata e sostituita dalla seconda. “*Ruy*” significa propriamente “sopra”, mentre “*birun*” indica «fuori» e sottolinea, pertanto, che il punto di appoggio deve essere “esterno” alla Terra.

⁹⁷ Questo passo si presta a una duplice interpretazione: riferirlo al noto detto di Archimede ‘datemi un punto di appoggio e solleverò il mondo’, ma va specificato che Archimede non è citato nel testo, anche se F. P. de La Croix lo identifica nel detto e ne annota il nome a margine della propria traduzione (fig.1); una seconda traduzione può riferirsi ad una base solida per appoggiare le macchine che servono a spostare carichi pesanti. Nel testo persiano esistono due preposizioni: *ruy-e* e *birun*, la prima è stata cancellata e sostituita dalla seconda. “*Ruy*” significa propriamente “sopra”, mentre “*birun*” indica «fuori», potrebbe perciò essere più verosimile la prima interpretazione.



⁹⁸ L'orbita è la traiettoria del punto della presa dove è applicata la forza.

⁹⁹ Unità di misura dei pesi, 1 *man* = Kg. 2,944 a Tabriz; può arrivare, però, fino a Kg. 2,97.

¹⁰⁰ E' stato aggiunto l'apice per non confondere la lettera con la stessa utilizzata dall'autore per indicare il peso.

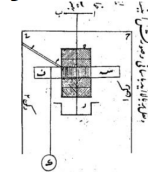

<p>[4 v.] al peso, come la corda S. Facendo ruotare, una dopo l'altra, le prese T, L, M, N, S, F la corda si arrotola attorno all'asse e il peso sale in alto. La sua figura è la seguente (figura 2).</p>	<p>4v ۱ و دستهای طول م ۲ ن س ف را از ۳ پس یکدیگر تارسن</p>
<p>[4 v.] Il secondo paragrafo [tratta] della leva¹⁰¹ detta anche <i>birom</i>¹⁰². Essa è formata da un corpo solido suddiviso in due, tre, quattro parti e così via per quanto è richiesto e da un altro corpo solido [il fulcro], che viene messo sotto questo corpo, e l'altra estremità di questo corpo viene orientata verso il suolo e il peso viene sollevato (figura 3). Per esempio, se, per mezzo di questo congegno, vogliamo sollevare un determinato peso, è sufficiente che il rapporto della distanza del peso e della forza rispetto al centro sia pari¹⁰³ al rapporto fra la forza e il peso</p>	<p>۴ بر محور پیچید و ثقل ۵ بر بالا آید و صورتش اینست فصل دوم اندر منجل و این را  fig.2 ۶ بیرم نیز گویند و این جرمیست صلب در ان حد که باید که ۷ مقسوم کرده چنانکه متقانی باشد چون نصف و ثلث ۸ ربع و غیره و جرمی دیگر صلب در زیر این جرم نهند ۹ و دیگر سر وی بسوی زمین کنند ثقل بر بالا آید مثالش اینست  fig.3 ۱۰ چون خواهیم بدین آلت ثقیل معلوم را بر داریم نسبت ۱۱ بعد به بعد از مرکز چون نیبث ثقل بقوت نگاه دارند</p>
<p>[6 v.] Per esempio: se vogliamo sollevare un peso di 5 man, in modo che basti la forza di un solo man, come avviene per il peso H, l'estremità B del bastone AB viene collocata sotto il suddetto peso, la parte I, che è un decimo del corpo, centrata dal lato del peso, il corpo H viene messo sotto la parte I e, quindi, l'estremità A del bastone AB, con la forza di un solo man, viene trascinata verso terra e il peso H, che è di 5 man, viene sollevato. La figura relativa è la seguente (figura 4)¹⁰⁴. Il terzo paragrafo [tratta] della taglia, detta anche sollevatore multiplo. Essa consta di alcune ruote staccate, separate, ciascuna delle quali è collegata a un asse; alcune sono saldamente legate al peso, altre saldamente in alto. Dopo avere passato la corda [attorno alle ruote], tirando si può sollevare il peso (figura 5). Da cui l'esempio. Se vogliamo sollevare un dato peso con una determinata forza, aumentiamo ripetutamente le uscite di quello [strumento], in rapporto al peso da sollevare, a condizione che il rapporto fra forza e il peso non sia [ad esempio] il rapporto</p>	<p>6r ۱ متکافی مثال اگر خواهیم که ثقل پنج من را بقوت ۲ منی برداریم چنانکه متقانی باشد چون ثقل ح رس¹⁰⁵ ب ۳ را از چوب آ ب در زیر ثقل کنیم و قسم ی را که سد س جرمست ۴ از سوی ثقل مرکز کنیم و جرم د در زیر قسم ی نهیم و سر آ چوب آ ب ۵ بقوت من  fig.4 ۶ سوی زمین کشیم ثقل ح که پنج منست ۷ بر بالا آرد مثالش اینست فصل سیوم اندر بکره و آنرا ۸ کثیر الرفع خوانند و آن چند پاره چرخست هریکی بر محور ۹ جدا کرده بعضی برابر بندند و بعضی بر بالا محکم ۱۰ رسن بر افکنند و بکشند ثقل بر بالا آورد مثلا ۱۱ چون خواهیم ۱۲ که ثقل معلوم ۱۳ بقوتی معلوم ۱۴ برداریم اعداد</p> <p> fig.5</p>

¹⁰¹ Il termine *manjal* si usa anche in arabo, mentre “*birom*” è persiano.
¹⁰² E’ il termine persiano, la doppia dicitura è conseguenza dell’uso contemporaneo della lingua araba.
¹⁰³ In persiano il vocabolo/concetto di “parità, uguaglianza ecc.” viene espresso col termine «*equilibrio*» rendendo meglio il significato fisico del termine.
¹⁰⁴ Per potere realizzare un rapporto tra resistenza e potenza pari a 5/1 bisogna che i bracci della leva stiano in rapporto di 5/1. Il testo non è chiaro, ma l’esame della figura 4 consente una spiegazione. L’asta è divisa in 9 parti, che diventano 10 se inseriamo l’estremità “B”. Se “I” si trova a 1/10 dell’asta, il corpo “B” si troverebbe a 2/10=1/5 dal fulcro. Questo rapporto potrebbe avere tratto in inganno il disegnatore ritenendolo il rapporto fra il braccio della potenza e quello della resistenza.
¹⁰⁵ *Stta perra’ is* = estremità, capo

<p>[6 v.] tre a dieci, che è [pari] a un quinto e un decimo. Con uno strumento che abbia tale rapporto, il peso non può essere equilibrato dalla forza. Quando, invece, mantengono un giusto rapporto, come $1/2$, $1/4$, $1/3$ [tra peso e forza] e così via, possono essere equilibrati. Per esempio, se per mezzo di questo strumento vogliamo sollevare un peso di 10 man, impiegando una forza pari a $1/4$ di essa, cioè 2 man e mezzo, come il peso G, prendiamo due sostegni stabili, come AB e JX¹⁰⁶ (figura 6), tra questi due appoggi sulla sommità viene collocata una trave, per esempio la trave AJ, parallela all'orizzonte. Si costruiscono quattro ruote, come H, R, H e T dopodichè, le ruote H e R sono montate sulla trave AJ mentre due ruote H e T sono collegate al peso K. Quindi, una estremità della corda viene fissata alla trave AJ, l'altra estremità, portandola giù, viene fissata alla ruota H, poi la portiamo in alto sulla ruota H, poi di nuovo giù sulla ruota T, poi nuovamente sopra sulla ruota R. A questo punto, tirando verso terra con una forza di 2 man e mezzo, il peso sale in alto</p>	<p>6v ۱ بکرات چند مخرج آن جز و کنند که بوی برخوانند داشت بشرط ۲ آنکه نسبت قوه بتقل نسبت مولف نباشد از دو مخرج چون ۳ نسبت سه بده که خمس و عشرست که بدین آلت بدین نسبت قوه ۴ بتقل متلافی نتواند بود چون نسبت راست نگاه دارند ۵ چون نصف و ربع و ثلث و مانند این اجزا متکافی تواند بود مثلا اگر ۶ خواهیم که بدین آلت ده من بقوه ربع برداریم اعنی دو من و نیم ۷ چون ثقل ک دو رکن ثابت بدست آوریم چون دو رکن آب ۸ خ ی و تیری برسر این دو رکن نهیم چون تیر آ ج چنانکه</p>  <p>fig.6 ۹ موازی آفاق باشد و چهار چرخ سازیم چون چرخهء ر ۱۰ ط و دو چرخ ر بر تیر آ ج استوار کنیم و دو چرخ ح ط را ۱۱ بر ثقل ک پس رستی بیاوریم و یکسر بر تیر آ ج بندیم و دیگر سر زیر ۱۲ آوریم و بر چرخ ح افکنیم و پس بار بر بالا بریم و بر چرخ ه افکنیم ۱۳ و بار بزیر آوریم و بر چرخ ط افکنیم و پس بار بر بالا بریم و بر چرخ ر ۱۴ افکنیم آنکه بقوه دو من و نیم سر را سوی زمین کشیم ثقل را بر بالا آورد</p>
<p>[8 r.] Quanto più si aumenta, ripetutamente, il numero [delle ruote] tanto più il peso si solleva agevolmente poiché la forza supera il peso (figura 6). Il quarto paragrafo tratta della vite. La vite è costituita da un bastone con una estremità arrotondata come una colonna e la parte intermedia scanalata a spirale; nella parte centrale c'è una ruota, tale che la parte interna della ruota M sia anch'essa a spirale e ambedue combacino come un <i>ashxang</i> – <i>e marsan</i>¹⁰⁷. A una delle estremità [della vite] viene realizzata la presa. Quando la vite è in posizione verticale sul suolo in piano, la presa [AB] è parallela all'orizzonte, così come viene mostrato in figura (figura 7).</p>	<p>8r ۱ و چون در عدد بکرات بفرایبی ثقل را آسان تر بر بالا آورد از بهر ۲ آنکه قوه بر ثقل غلبه کند مثال فصل چهارم اندر لولب ۳ لولب چوبیست سر آن مدور چون ستونی و بسیط وی ۴ لولبی حفر کرده و اندر میان چرخنی نهاده چنانکه بسیط درونی ۵ چرخ م لولبی شکل باشد و بر یکدیگر منطبق بود چون ۶ اشکنجه مرسان و مقبض در یک سر وی ساخته ۷ چون لولب بر بسیط زمین ۸ عمود بود مقبض موازی آفاق ۹ و صورتش اینست</p>  <p>fig.7</p>

¹⁰⁶ Utilizziamo la vecchia trascrizione che fa corrispondere X a \tilde{X} , in quanto la attuale - CH - causerebbe confusione nella notazione matematica.


¹⁰⁷ Si tratta di uno strumento di tortura col quale si attanagliano i piedi mentre si battono le palme.

<p>Se vogliamo sollevare un determinato peso con una forza nota, il rapporto fra la lunghezza della presa e il diametro della vite deve essere proporzionale [al rapporto] fra il peso e la forza.</p>	<p>۹/ چون خواهیم که ثقل معلوم را بقوتی ۱۰ معلوم برداریم نسبت طول مقبض بقطر لولب چون نسبت ثقل بقوة</p>
<p>[8 v.] Tale rapporto va [sempre] rispettato. Per esempio, se vogliamo sollevare un peso di 10 man con una forza di 2 man, come il peso K, costruiamo una vite al centro della ruota SF, come la vite HR [della figura]. La lunghezza della presa è 5 volte il diametro della vite, come la presa AB. Poi prendiamo due sostegni verticali solidi e stabili, XI e HT, sulla sommità dei quali mettiamo una trave parallela al suolo [HX]; su uno di questi due sostegni facciamo un foro, come il foro G¹⁰⁸. Usiamo un bastone di legno così solido da sostenere 10 man. Questo bastone da un lato viene inserito in un foro predisposto sul lato della ruota¹⁰⁹, come il bastone UM; il peso K viene legato all'estremo M del bastone MN. Successivamente, la presa viene girata con una forza di 2 man, cosicché la vite giri e porti su la ruota e agevolmente il peso salga in alto. La figura relativa è la seguente (figura 8). Quando si vuole utilizzare da solo questo strumento, è opportuno utilizzare il torchio¹¹⁰.</p>	<p>8v ۱ نگاه داریم مثالش چون خواهیم که ثقل ده من بقوت دو من ۲ بر داریم چون ثقل ک لولبی سازیم در میان چرخ من ف ۳ چون لولب ه ر و طول مقبض پنج بار چند قطر لولب ۴ کنیم چون مقبض آب و دو رکن قائم ثابت بدست آوریم ۵ چون دو رکن خ ی ح ط و تیری بر بالا آن دو رکن نهیم ۶ چنانکه موازی باشد و بر سکی از این دو رکن سوراخی کنیم چون ۷ سوراخ ح و چوبی بیآوریم چنانکه ده من بار برتابد و یکسر ۸ وی در سوراخی که بر کناره چرخ کرده باشیم نهیم چون چوب ۹ م ن و ثقل ک در سر م بندیم از چوب م ن اتکاء مقبض را ۱۰ بقوت دو من بگردانیم لولب بگردد و چرخ را بر بالا آورد ۱۱ و ثقل بر بالا آید باستانی و صورتش اینست اما چون</p>  <p>fig.8 ۱۲ این آلت تنها بکار ۱۳ خواهد داشته بهرتر آن بود که در</p>
<p>[10 r.] Se si vuole comunque sollevare, più facilmente, per mezzo di questo strumento, un carico pesante, occorre combinare gli strumenti innanzi descritti; di ciò [però] parleremo dopo. Il quinto paragrafo tratta della bietta detta pure cuneo. Questo strumento è molto popolare fra la gente. Esso è formato da due triangoli e da tre quadrati, questi ultimi circondano i due triangoli. I saggi lo chiamano prisma e viene usato per spaccare la pietra, dopo che è stata ripulita. La sua figura è questa: (figura 9). Se vogliamo adoperare questo strumento, si procede nel seguente modo: una estremità del solido viene messa nella fessura già tenuta aperta con un legno, sull'altra estremità si colpisce lo strumento per potere spaccare</p>	<p>10r ۱ عصی چیزها بکار دارند و اگر خواهند که باری باستانی ۲ بدین آلت بر بالا برند باید که باآنها که پیشتر یاد ۳ کرده آمد مرکب کنند چنانکه پسازین بجای وی گفته ۴ آید فصل پنجم اندر اسفین که او را فانه گویند ۵ و این آلت هم سخت معروفست میان مردم و آن ۶ شکلست مجسم که دو مثلث و سه مربع بوی محیطست ۷ و حکما این شکل را منشور خوانند و از بهر شکافی ۸ و جدا کردن سنگ از سنگ است بعد از آنکه ۹ پیرامنش جدا کرده ۱۰ باشد و صورتش اینست</p>  <p>fig.9 ۱۱ چون خواهیم که بدین ۱۲ عمل کنیم یک سر این شکل ۱۳ در شکافی نهند که بر سنگ چوب کرده باشد ۱۴ و مطرقة کران بر دیگر سر زنند آن چیز را بشکافت</p>

¹⁰⁸ Lettera non riportata in figura.

¹⁰⁹ Il foro G (*).

¹¹⁰ In questo caso la ruota è fissa, B, cioè, non può né girare né alzarsi. La vite si abbassa comprimendo le cose che sono nella parte inferiore.

<p>[10 v.] [separando] una parte dall'altra. Per esempio, se vogliamo separare un masso dalla montagna, dopo che l'abbiamo scortecciato un poco (figura 10), mettiamo l'estremità BR del nostro cuneo in modo che la linea AB giunga alla pietra. Col martello si colpisce l'estremità AXIH (figura 10) e si riesce a separare il blocco dalla montagna. Più l'angolazione sarà acuta, più potente sarà il colpo. La potenza di tale strumento è maggiore delle potenze di tutti gli altri strumenti spiegati finora. Però, non si è in grado di misurare l'intensità di tale forza, poiché la sua azione, dopo avere subito il colpo, somiglia [a quella della] della freccia che abbandona l'arco o a quella della pietra che viene lanciata con la fionda¹¹¹, che dipende dall'impulso ricevuto, e la forza</p>	<p style="text-align: right;">10v</p> <p>۱ و از یکدیگر جدا کند مثال چون خواهیم که سنگ از ۲ بسیط کوه جدا کنیم بعد از آنکه پیرامنش جدا کرده</p>  <p style="text-align: right;">fig.10</p> <p>۳ باشیم سر ب ۴ ر از اسفین در ۵ وی جا کنیم چنانکه خط ۶ اب بسنگ رسد ۷ و مطرفه بر سر آخ ی ه ز نیم سنگ را بشکافد ۸ و از بسیط کوه جدا کند و هر چند که زاویه اش ۹ تیزتر بود فعلش قوی تر بود و قوت این زیاد ۱۰ از همه قوتهاست که شرح داده اند اما آنست که کمیت ۱۱ فوتش در نشاید یافتن از بهر آنکه فعل وی ۱۲ بعد از قبول ضریبست چون تیر که فعل وی ۱۳ بعد از قبول دفع ز ه کماتست و چون سنگ فلاخن ۱۴ که فعل وی بعد از قبول دفع بازو اسد آرند و قوت</p>
<p>[12 r.] della vite le si avvicina</p>	<p style="text-align: right;">12r</p> <p>۱ الوب نزدیکست بقوت</p>

¹¹¹ *felâxan*.

¹¹² Qui si vuole segnalare una certa analogia tra il modo di funzionare della vite – che si può pensare come un piano inclinato avvolto su un asse – e il cuneo, che ha la forma di due piani inclinati appaiati.

6. Conclusioni

La letteratura recente mostra che c'è una corrente di pensiero, che gioca un ruolo di importanza crescente nella comunità scientifica, che sottolinea la necessità di insegnare la fisica con la sua storia. Questa tendenza non è recente in quanto molti autori come Langevin (Langevin 1933) e Pasteur (Pasteur 1939) hanno in passato sottolineato l'importanza della storia dell'insegnamento della scienza. Il presupposto esplicito è che l'insegnamento scientifico perde più di qualcosa nell'essere solo dogmatico, in quanto in questo caso viene spesso recepito come freddo e statico, generando l'impressione, assolutamente falsa, che la scienza sia una cosa stabilita e definitiva. In particolare la storia della scienza mostra come un dato concetto scientifico sia spesso costruito a seguito di molteplici vagabondaggi ed esitazioni e che in molti casi non sia imposto ma si affermi poco alla volta prima di essere accettato. Così, l'approccio storico permette allo studente di affrontare alcuni ostacoli epistemologici e di rivivere il processo di costruzione della conoscenza. La storia della fisica costituisce dunque un'innovazione pedagogica in grado promuovere l'apprendimento e lo sviluppo negli studenti di una rappresentazione più corretta del funzionamento della scienza. Il procedimento sperimentato in questo lavoro fa riferimento all'argomento delle macchine semplici in fisica e verte su un approccio multiforme, in chiave 'storica', 'linguistico-letteraria', e didattico-applicativa, che si traduce in una innovativa didattica funzionale all'apprendimento.

References

- Abattouy, M. (2001a). *Greek Mechanics in Arabic Context: Thābit ibn Qurra, al-Isfizārī and the Arabic Traditions of Aristotelian and Euclidean Mechanics*, «Science in Context». Vol. 14.
- Abattouy, M. (2001b). *Nutaf min al-hijal: A Partial Arabic Version of Pseudo-Aristotle's "Problemata Mechanica"*, *Early Science and Medicine*. Vol. 6.
- Abattouy, M. and Al-Hassani, S. (2015). *The corpus of al-Isfizārī in the Sciences of Weights and Mechanical Devices*. London, Al-Furqān.
- Aruzi di Samarcanda, N. (1977). *Cahâr Maqâle (i Quattro Discorsi)*, traduzione italiana a cura di Giorgio Vercellin, in AA.VV. *Centro Culturale Iraniano, Studi Iranici, 17 saggi di iranisti italiani*. Roma.
- Boyer, C. B. (1990). *Storia della Matematica*. Milano, Mondadori (1a ed.: *A History of Mathematics*, London, John Wiley & Sons, 1968).
- Carra de Vaux, C. B. (1893). *Les Mécanique cit.*
- Carra de Vaux, C. B. (n.d.). *Les Géographes Les Sciences Mathématiques et Naturelle*, «Les Penseurs de l'Islam», Tome deuxième, p. 193.
- Caye, P., Nanni, R., and Napolitani, P. D. (2016). «*Scienze e Rappresentazioni*». Firenze, Leo S. Olschki.
- Çelebi, K. (1835). *Lexicon Bibliographicum et encyclopædiarum a Mustafa Ben Abdallah/Katib Jelebi dicto et nomine Haji Khalfa introduxit Gustavus Flugel*, 7 voll. Tomus primus, Leipzig and London.
- Ferriello, G. (1993). *Le tecniche costruttive nel Medio Evo islamico attraverso le fonti persiane, Tesi di laurea in Lingue e Letterature straniere moderne orientali*, 2 voll. (vol. 1. *dissertazione e vol. 2. Traduzioni inedite dal Persiano*). Istituto Universitario Orientale, Napoli.
- Ferriello, G. (1997). «*Oriente Moderno*», *recensione a Donald Hill, Islamic Science and Engineering, (Edinburgo)*, 1993. Vol. XVI, n. s., 1. Roma.
- Ferriello, G. (1998). *Il saperetecnico-scientifico fra Iran e Occidente una ricerca nelle fonti, Tesi Ph. D. Studi Iranici, Istituto Universitario Orientale*. Napoli.
- Ferriello, G. (1999). *Avicenna, il Poema della Medicina*, «*Oriente Moderno*».
- Ferriello, G. (2003). "La Meccanica di Erone in una inedita versione persiana medievale annotata dall'emissario di Luigi XIV", «*Atti XVI Congresso AIMETA, Associazione Italiana di Meccanica Teorica ed Applicata, Ferrara, 9-12 settembre 2003*». Ferrara.
- Ferriello, G. (2005a). "I "costruttori" ed il "costruire", nel Kitâb (Libro) del mondo islamico fra il VII ed il XVII secolo". «*Atti Accademia Pontaniana, Nuova Serie, vol. LIII, Anno Accademico 2004, Giannini, Napoli*».
- Ferriello, G. (2005b). "The lifter of Heavy Bodies of Heron of Alexandria in the Iranian World". In: *Nuncius Journal of History of Science. Nuncius: annali di storia della scienza*. Vol. 20. Firenze, Leo S. Olschki, pp. 327–345.
- Ferriello, G. (2007). *L'estrazione delle acque nascoste Trattato tecnico scientifico di un matematico-ingegnere persiano vissuto nel Mille*. Kim Williams Books, Torino.
- Ferriello, G. (2009a). "Il Kitâb-e vosul-e-mesahât, il trattato persiano di Agrimensura, contributo alla storia dellascienza in Iran". *Atti Accademia Nazionale di Scienze, Lettere e Arti di Modena, Atti e Memorie*.
- Ferriello, G. (2009b). *La formazione ed il ruolo del tecnico medievale musulmano nelle fonti persiane ed arabe*. Matepristem, Milano.
- Ferriello, G. (2016). *La diffusione della Meccanica di Erone in ambito Iranico*. (il convegno si era svolto nel settembre 2012).

- Ferriello, G. (2020). *Antichi testi di Meccanica, nuovi ritrovamenti, la Majmu'a (raccolta) n° 197 di Tehrān*, «Atti 8° Convegno Nazionale «History of Engineering/Storia dell'Ingegneria», (Proceedings of the 4th International Conference, Curatori Francesca Romana d'Ambrosio e Salvatore d'Agostino», 2 voll. Vol. I. Cuzzolino editore, Napoli.
- Ferriello, G., Gatto, M., and Gatto, R. (2016a). *The Baroukos and the Mechanic*. Leo S. Olschki.
- Ferriello, G., Gatto, M., and Gatto, R. (2016b). *The Baroukos And The Mechanics Of Heron*. Firenze, Leo Olschki.
- Ferriello, G. and Gatto, R. (2019). "Apollonius Mechanicus. Isfizārī's Persian Version of the Treatise on the Pulleys and Two Other Anonymous Persian Texts". *Bollettino di Storia delle Scienze Matematiche*.
- Giardina, G. G. (2003). *Erone di Alessandria, le radici filosofico-matematiche della Tecnologia applicata. Definitiones, presentazione di Bernard Vitrac*. Catania, CUECM.
- Hankel, H. (1872). «Storia delle Matematiche presso gli Arabi», traduzione di F. Keller, in: *Bollettino bibliografico e di storia delle scienze matematiche e fisiche, diretto da B. Boncompagni, anno V*, pp. 343–406.
- Al-Hassan, A. (2015). *The corpus of al-Isfizārī, the Sciences of Weights and Mechanical Devices*. Londra, Al-Furqān.
- Al-Hassan, A. and Hill, D. R. (1986). *Islamic Technology An Illustrated History*. Cambridge, New York, Melbourne Sydney Paris: Cambridge University Press.
- Hill, D. R. (1993). *Islamic Science and Engineering*. Edinburgh: Edinburgh University Press Ltd.
- Jackson, D. E. P. (n.d.). «Scholarship in Abbassid Baghdad with special reference to Greek Mechanics in Arabic» in: *Quaderni di studi arabi, NN° 5 - 6, 1987 - 1988*.
- Jaouiche, K. (1971). "La Statique chez les Arabes, in Oriente e Occidente nel Medio Evo: filosofia e scienze, Atti convegno internazionale (Roma, 9-15 aprile 1969), a cura dell'Associazione A. Volta".
- Jaouiche, K. (1976). *Le livre du qarastūn di Tābit ibn Qurra, étude sur l'origine de la notion de travail et du calcul du moment statique d'une barre homogène*. Leiden, E. J. Brill.
- Khaldun, I. (1958). *The Muqaddimah, an introduction to History, traduzione di Franz Rosenthal, 3 voll. Vol. II*. London, 1958.
- Khanikoff, N. (1860a). "Analysis and extracts of Book of the Balance of Wisdom". *Journal of American Oriental Society*.
- Khanikoff, N. (1860b). "Analysis and Extracts of Book of the Balance of Wisdom". *Journal of American Oriental Society* **6**, 1–128.
- Langevin, P. (1933). *Lapensée et l'action*. Editions Sociales, Paris.
- Lazard, P. (n.d.). *La Langue des Plus Ancients Monuments de la Prose Persane*. Paris: Kliensieck.
- Lolivet, J. (1984). *Classification des Sciences, Etudes sur Avicenne, traduit par Mohammad Achena et Henri Masse', 2 vols*. Paris: Les Belles Lettres.
- Mimoune, R. (n.d.). *Épître sur les parties des Sciences intellectuelles d'Abu 'Alī al-Husayn Ibn Sinā, «Etudes sur Avicenne cit.»*
- Al-Nadim, I. (1970). *al-Fihrist, (edit. e trad. Bayard Dodge, The Fihrist of al-Nadīm, a Tenth-century Survey of Muslim Culture), 2 voll*. New York and London.
- Nafisī, H. R. and Abattouy, M. M. (2016). *Risāleha-ye Abū Hātim Isfizārī dar 'elm-e mekanīk, «Miras-e Elmi-ye Eslam va Iran»*. Vol. 9 (5).
- Nasr, S. H. (1977). *Scienza e civiltà nell'Islam*. Milano, Feltrinelli.
- Nateg, J. N. and Karimi, M. (2015). *Nateg J.N. Karimi M. 2015-16. 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).
- Nateg, J. N. and Karimi, M. (2016). *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).

- Pasteur, L. (1939). *Œuvres Pasteur. Tome 7*. Paris. Rumelhard, G.
- Roux, S. (1992). *Le premier livre des Equilibres Plans: Réflexions sur la mécanique archimédienne*, «*Mathématiques dans l'Antiquité*» ed. J.-Y. Guillaumin, Centre Jean-Palmerie. Saint-étienne, Publications de l'Université de Saint étienne.
- Russo, F. (2009). *Leonardo inventore? L'equivoco di un testimone del passato scambiato per un profeta del futuro*. Torre del Greco, EdizioniScientifiche e Artistiche.
- Savage-Smith, E. (1997). «*Médecine*», in: R. RASHED (édit.), *Histoire des sciences cit., vol. III*.
- Schiøler, T. (1973). *Roman and Islamic Water-Lifting Wheels*. København.
- Sebag, P. (1978). *Sur deux orientalistes française du XVIIe siècle: F. Pétis de la Croix et le Sieur de la Croix*, pubblicati in «*Revue de l'Occident Musulman et de la Méditerranée*».
- Sebag, P. (1980). «*vie et œuvre de F. Pétis de la Croix*» in: *De la Croix, F., Les Mille et un jours, texte établi avec une introduction des notices une bibliographie des jugements et une chronologie par Paul Sebag*.
- Singer, C. (1961). *Breve storia del pensiero scientifico*. Torino.
- Venturi, G. (1814). *Commentarj sopra la storiae le teorie dell'ottica*. Bologna, Masi.
- Wéber, E. (n.d.). *Éduard Wéber, La classification des Sciences selon Avicenne a Paris vers 1250, Etudes sur Avicenne cit.*
- Woepcke, F. (1855). *L'Histoire des Sciences Mathématiques chez les Orientaux, d'après des Traités inédits Arabes et Persans*, «*Journal Asiatique*», Cinquième Série, Tome V, pp. 218–256.

^a Consorzio Interuniversitario Scienze Fisiche Applicate (CISFA)
Viale F. Stagno d'Alcontres 31, 98166 Messina, Italy

^b Università degli Studi di Messina
Dipartimento di Scienze Matematiche e Informatiche, Scienze Fisiche e Scienze della Terra
Viale F. Stagno d'Alcontres 31, 98166 Messina, Italy

* To whom correspondence should be addressed | email: giuseppina.ferriello@virgilio.it

