

Una scuola matematica Alessandrina?

In questo contributo ci chiederemo se e in che senso si possa parlare di una scuola matematica Alessandrina; prenderemo in considerazione soltanto i matematici che hanno prodotto testi organizzati secondo un metodo dimostrativo¹. Alcuni punti generali sono da tener presenti prima di procedere nella lettura. Primo, la «matematica greca» copre un periodo di almeno nove secoli. La ricerca evolveva in maniera incomparabilmente più lenta di quanto non faccia adesso, ma è chiaro che generalizzazioni all'intero periodo vanno viste con estremo sospetto. Secondo, si osserva un notevole sfasamento tra settori di ricerca indipendenti. La geometria sferica, che prese le mosse dai trattati di Autolico (a cavallo tra IV e III secolo a.C.) e dai *Fenomeni* di Euclide, fu sviluppata con Teodosio (seconda metà del II secolo a.C.) e Menelao (fine I secolo), e vide la sua applicazione sistematica con Tolomeo². La teoria dei numeri fu indagata a fondo negli *Elementi*, ma ricevette un nuovo impulso con Diofanto (forse III secolo). Il filone di ricerca connesso alla geometria di misura, sostanzialmente legato al solo nome di Archimede (287-212 a.C.), sembra essersi esaurito relativamente presto; lo studio delle curve speciali fu perseguito con una certa continuità fino alla tarda età imperiale, ma le notizie che abbiamo sono scarse³. Terzo, la tradizione testuale ha sicuramente selezionato le opere sistematiche a svantaggio di quelle di argomento più circoscritto. La nostra percezione della matematica greca è quindi quasi certamente distorta. Quarto, non ci è per niente chiaro

¹ Saranno dunque escluse le opere aritmetico-numerologiche di neopitagorici come Nicomaco (inizio II secolo) o Giamblico (a cavallo tra III e IV secolo). Personalmente ritengo più corretto considerarle fonti secondarie, così come non consideriamo Platone o Plutarco autori di trattati matematici.

² Tolomeo raccoglie nell'*Almagesto* un certo numero di proprie osservazioni astronomiche, racchiuse nel periodo 125-141; furono effettuate tutte ad Alessandria. Nel 147/148 fece erigere a Canopo, 20 km a nord-est di Alessandria, un'iscrizione contenente un riassunto delle proprie teorie, appunto la cosiddetta *Inscriptio Canobi* (il testo ci è pervenuto tra il materiale prefatorio all'*Almagesto*: migliore edizione Jones [2005]). Olimpiodoro (prima metà del VI secolo) afferma che Tolomeo visse e studiò astronomia per quarant'anni «nelle cosiddette ali di Canopo» (*In Pbaedonem*, 10, 4, p. 143 Westerink). Tolomeo era un cittadino romano e indirizzò molte delle sue opere a un certo Siro, altrimenti sconosciuto. Non abbiamo notizia di suoi legami con istituzioni Alessandrine.

³ Un'idea della continuità dell'indagine ce la dà Pappo in *Collectio*, IV, 57-59.

in ch  misura esistesse la figura del matematico di professione. Possiamo forse supporlo di Euclide e Apollonio, l'estensione dei cui *corpora* non   facilmente compatibile con altre attivit , o di Archimede, che era probabilmente legato alla corte siracusana, ma questo   sicuramente falso di quasi tutte le figure minori. Quinto, i dati biografici sui matematici antichi sono sempre scarsissimi, spesso controversi e a volte inesistenti. Ci sentiamo ad esempio autorizzati a considerare Menelao un alessandrino, sebbene nell'*Almagesto* siano riportate solo osservazioni astronomiche fatte a Roma dal «geometra Menelao», semplicemente perch  Pappo (prima met  del IV secolo) e Proclo (V secolo) lo denominano cos . Infine, la matematica greca   eminentemente non cooperativa, e in questo risiede la difficolt  principale per chi voglia pensarla in termini di «scuole». La tradizione mette infatti in evidenza i singoli autori, e tende a porre molto sullo sfondo le loro interrelazioni. Queste ultime si presentavano spesso come sfide o aperte contrapposizioni, in buon accordo con il carattere agonistico dell'approccio greco allo scambio intellettuale⁶.

Le origini di un certo modo di scrivere la matematica sono tradizionalmente legate ad Atene e in particolare alla scuola platonica, al punto che anche figure indipendenti come Eudosso e Archita vennero in qualche modo fatte rientrare nell'orbita accademica⁷. La prima personalit  di cui si possa affermare con sicurezza che produsse matematica secondo un modello dimostrativo   Ippocrate di Chio⁸, databile alla seconda met  del V secolo a.C. La sua storia, come ci viene narrata brevemente da Giovanni Filopono, ci d  due indicazioni⁹: Ippocrate non era un matematico di professione; non era ateniese, ma la sua attivit  matematica   collocata ad Atene. Sin dai suoi inizi, la matematica   stata fatta in grandi centri da personalit  che provenivano da tutta l'area greca. Lo stesso accadr  nel periodo ellenistico, dove alcune citt ,

⁶ *Syntaxis matematica*, VII, 3, in *Opera omnia*, vol. I, parte 2, pp. 30 e 33 Heiberg. Entrambe le osservazioni sono datate al gennaio 98. Un papiro contenente un frammento di teoria planetaria proviene molto probabilmente da un trattato di Menelao e contiene un'osservazione datata al 104/105, forse fatta a Roma; si veda Jones [1999], pp. 69-80. Menelao dedic  una delle sue opere (trasmessa solo in traduzione araba) a Domiziano; fu quindi composta prima del 96.

⁷ Rispettivamente in *Collectio*, VI, 110, p. 602 Hultsch e *In primum Euclidis*, p. 345 Friedlein.

⁸ Eutocio (nel commento a *Sfera e cilindro*, II, 1, in Archimede, *Opera omnia*, vol. III, pp. 56-106 Heiberg) riporta dodici soluzioni al problema della duplicazione del cubo: alcune differiscono solo per dettagli, ma ognuna   attribuita a un matematico ben preciso.

⁹ Il caso dei cosiddetti «pitagorici»   di difficile valutazione: si tratt  spesso di un nome di genere, sotto cui venne rubricato, di solito da fonti neopitagoriche (prevalentemente risalenti al II-II secolo), chiunque si occupasse di matematica, o di un approccio matematico alla filosofia naturale, prima delle sistematizzazioni ellenistiche. Un esempio tipico   Ippocrate di Chio (cfr. Giamblico, *De communibus mathematica scientia*, 25, pp. 77-78 Festa).

¹ Ippocrate quadr  alcune lunule, forse tentando con questo di quadrare il cerchio (Alessandro ed Eudemo in Simplicio, *In Physicam* A 2, pp. 55-69 Diels). Proclo afferma che fu il primo a scrivere *Elements* (*In primum Euclidis*, p. 66 Friedlein).

² *In Physicam* A 2, p. 31 Vitelli.

in particolare Alessandria, fungeranno da poli di attrazione. Alessandria non fu però la sola: l'attività culturale era policentrica e gli scambi la norma. Né considerare Alessandria il più importante centro culturale e di insegnamento del periodo ellenistico è esente da problemi: siamo singolarmente poco informati sulla Biblioteca e sul Museo, quel poco risale a fonti tarde e non attesta interessi tecnici.

1. *Il Museo e l'insegnamento ad Alessandria.*

Il resoconto canonico delle attività del Museo lo descrive come centro di studi e di insegnamento collegato alla Biblioteca e patrocinato direttamente dai Tolomei sin dal primo (regnò 323-283 a.C.), che sarebbe stato il fondatore di entrambi¹⁰; nel Museo sarebbero necessariamente confluiti tutti gli scienziati che si potessero ricollegare alla prima Alessandria tolemaica, da Euclide a Erofilo, uno dei fondatori della medicina scientifica¹¹. Leggendo le sintesi più autorevoli ci si trova però di fronte a una disarmante assenza di fonti dirette per il primo periodo ellenistico, mentre in età imperiale, specialmente dopo gli ampliamenti messi in opera da Claudio (regnò 41-54)¹², le funzioni del Museo possono ritenersi sufficientemente ben stabilite. A tale spiacevole circostanza si è supplito con una ben strutturata rete di congetture. Queste sono costituite in genere da estensioni al periodo ellenistico di strutture sociali e istituzionali tipicamente moderne o, al massimo, documentabili per l'età imperiale. Allo stesso modo, è in virtù di un circolo vizioso argomentativo che si sostiene l'affiliazione al Museo di personalità intellettuali di cui si abbia anche solo il dubbio che avessero soggiornato ad

¹⁰ Gli studiosi erano mantenuti e sollevati da gravami fiscali. La loro denominazione come «coloro che sono nutriti nel Museo, senza carichi <fiscali>» era divenuta un luogo comune, e forse aveva un certo grado di ufficialità (Filostrato, *Vitae sophistarum*, I, 22 e 25, denomina direttamente il Museo la «mensa egizia»). In età ellenistica, il Museo era organizzato amministrativamente come una fondazione, sostenuta molto probabilmente da fondi reali; i suoi appartenenti costituivano ufficialmente una comunità a scopi religiosi, la cui guida è definita da Strabone ἱερεὺς, sacerdote. La nomina di quest'ultimo era prerogativa regia, così come quelle del responsabile amministrativo del Museo e del responsabile della Biblioteca. Quest'ultimo incarico ha coinciso in qualche caso (Zenodoto, Apollonio, Aristarco) con quello di precettore dell'erede al trono, ma non è chiaro se le due funzioni fossero non disgiunte.

¹¹ Il riferimento obbligato è a Fraser [1972], vol. I, cap. VII, ma lo stesso punto di vista è alla base ad esempio delle sintesi di T. L. Heath e di buona parte delle biografie di matematici antichi contenute nel *Dictionary of Scientific Biography*. Sull'organizzazione della Biblioteca si veda ancora Fraser, vol. I, cap. VI (con ampia citazione di fonti). Molti luoghi comuni sulla consistenza e la sopravvivenza della Biblioteca sono discussi in maniera critica in Bagnall [2002].

¹² Svetonio, *Vita Claudii*, 42. Con i Romani il Museo si secolarizzò, e altri funzionari statali venivano regolarmente nominati membri [Lewis 1963]. Le persecuzioni antigreche da parte di Tolomeo VIII in seguito alla sua presa del potere nel 145 a.C., in particolare l'azzeramento dell'élite intellettuale, devono comunque aver prodotto uno iato nella storia intellettuale del Museo.

Alessandria (è questo il caso di Euclide). Ma è proprio questa concentrazione di intellettuali che crea il mito del Museo¹⁵, sulla base del pregiudizio del tutto moderno che l'attività scientifica di punta possa essere condotta soltanto col sostegno di qualche istituzione. Senza documenti indipendenti sul ruolo e sull'organizzazione del Museo nelle sue fasi iniziali, l'argomento non sta in piedi da solo. Tra gli scienziati, sappiamo con certezza del solo Eratostene che fosse legato alla Biblioteca, ma Eratostene era anche e principalmente un uomo di lettere¹⁶. Occorre inoltre ricordare che mancano del tutto informazioni sulla data di fondazione di Museo e Biblioteca¹⁷, che la prima descrizione del Museo risale a Strabone (fine I secolo a.C.)¹⁸, e che le poche e poco attendibili fonti fanno comunque risalire la fondazione della Biblioteca al secondo Tolomeo (che detenne il potere nel periodo 283-246 a.C.)¹⁹. Il ruolo cruciale del peripatetico Demetrio Falereo nella messa in opera di entrambi è ammesso sull'unica base dell'esistenza di analoghe strutture peripatetiche e dei suoi rapporti con il primo Tolomeo¹⁶. La mera esistenza e le caratteristiche delle due istituzioni durante i regni dei *primitivi* Tolomei sono insomma largamente frutto di un'interpolazione tra quelle di istituzioni peripatetiche approssimativamente corrispondenti e le informazioni

¹⁵ Nessuna fonte attesta esplicitamente l'affiliazione al Museo di qualcuno dei maggiori intellettuali ellenistici: per alcuni di essi si tratta di un'inferenza, per quanto del tutto legittima, dal fatto che furono responsabili della Biblioteca.

¹⁶ Capo della Biblioteca di Alessandria dal 245 a.C. circa fino alla sua morte, era stato invitato ad Alessandria da Tolomeo III. La sua ecletticità gli era valsa il soprannome di «pentatleta». Fu il primo a impiegare il termine *φύλολογος* nel senso di «uomo di studio» – per designare se stesso.

¹⁷ Plutarco, *Non posse suaviter vivi secundum Epicurum*, 13, 1095d ed Eusebio di Cesarea, *Historia ecclesiastica*, V, 8-11, attribuiscono rispettivamente la fondazione del Museo e della Biblioteca a Tolomeo I. Sono le uniche fonti antiche a farlo, e sussistono motivi specifici per considerare poco attendibili entrambe le testimonianze.

¹⁸ *Geographica*, XVII, pp. 793-94 Casaubon. Strabone non fa alcuna menzione della Biblioteca. Erodo di Coa (seconda metà del III secolo a.C., probabilmente sotto Tolomeo III), menziona in *Mimiambi*, I, 26, il Museo come una delle attrazioni di Alessandria, ma non la Biblioteca. Queste omissioni possono però essere facilmente spiegate supponendo che la Biblioteca fosse una parte del Museo. L'ipotesi è corroborata dagli scavi del Serapeo (la «biblioteca figlia») e della Biblioteca di Pergamo, dalla struttura architettonica probabilmente analoga.

¹⁹ Le fonti sulla Biblioteca sono ristrette a una descrizione dell'erudito bizantino Iohannes Tzetzes (XII secolo), alle informazioni che si ricavano da vite di vari eruditi contenute nella *Suida* (dizionario enciclopedico redatto verso la fine del X secolo) e a un frammento papiraceo da Ossirinco (POxy, 1241, II secolo) contenente un elenco di bibliotecari. Anche la famosa *Lettera a Policrate* dello pseudo-Aristea, che tramanda la storia della traduzione della Bibbia cosiddetta dei Settanta sotto Tolomeo Filadelfo e costituisce la prima testimonianza in ordine cronologico, è un falso di composizione relativamente tarda (seconda metà del II secolo a.C.) e contiene informazioni contraddittorie.

²⁰ Demetrio, governatore di Atene dal 317 al 307 a.C. per conto dei Macedoni, dopo alterne vicende si rifugiò ad Alessandria, probabilmente nel 297 a.C. Caldeggiò per la successione di Tolomeo I il candidato che poi risultò perdente, e per questo Tolomeo II Filadelfo, immediatamente dopo la presa del potere, lo pose a domicilio coatto o forse lo fece eliminare. La ricostruzione della *Lettera a Policrate* e, sulla sua falsariga, di autori cristiani posteriori, che ci mostra Demetrio aggiornare il Filadelfo sulla consistenza del patrimonio in rotoli della Biblioteca (§§ 9-10), è quindi sicuramente falsa.

desumibili da resoconti ben posteriori. Il problema di collocare matematici di rango come Euclide in questo ambito è quindi aggravato proprio dalla circostanza che appartengano alla prima età ellenistica.

Studi recenti in domini di ricerca paralleli hanno cominciato a mettere in dubbio questa *communis opinio*, che in quanto tale possiede però un'inertza notevole. Nel suo volume su Erofilo (a cavallo tra IV e III secolo a.C.), Heinrich von Staden¹⁹ mostra come la convinzione diffusa che gli studi di medicina costituissero una parte importante del lavoro nel Museo²⁰ non abbia basi documentarie²¹, e propone una ricostruzione «minimale» del *milieu* scientifico erofileo ad Alessandria. Le pretese sovvenzioni tolemaiche, ad esempio, si sarebbero rese necessarie solo nel caso di ricerche particolarmente costose – ma darne per scontata l'esistenza per quanto non corroborata da fonti è già un'indebita proiezione di uno stato di cose tipicamente moderno –, e non costituiscono di certo condizioni sufficienti, visto il crollo nel livello della ricerca medica immediatamente successiva a Erofilo. Egli avrebbe insomma tranquillamente potuto portare avanti i suoi studi con i proventi delle attività di maestro di medicina e di medico, e un eventuale sussidio regio per quest'ultima attività non implicava che appartenesse a qualche istituzione. Von Staden preferisce parlare di *indirect patronage*, riferendosi in primo luogo al clima intellettuale effervescente che si venne a creare ad Alessandria e che attrasse intellettuali da tutto il mondo greco, in secondo luogo a una potente spinta sovvertitrice nei confronti di convenzioni e tabù sociali (Erofilo condusse dissezioni e forse vivisezioni su corpi umani). Le conclusioni di Von Staden sono perentorie, e costituiscono un invito alla prudenza in analoghe situazioni: non c'è alcuna prova che Erofilo e i suoi seguaci fossero organizzati istituzionalmente nei primi due secoli di esistenza del suo gruppo di medici, né che Erofilo, o qualche rappresentante della medicina scientifica, fosse associato al Museo di Alessandria²².

Anche uno sguardo rapido a ciò che sappiamo dei sistemi educativi ellenistici suggerisce un atteggiamento prudente se non francamente scettico: non ci sono motivi per credere che fosse stato abbandonato il modello di formazione superiore *ad personam* consolidato nei secoli precedenti²³. Il quadro che ne risulta è quello di un'educazione primaria e secondaria che passò da una sicura preponderanza della cultura fisica a un dominio assoluto degli studi letterari, il cui coronamento erano gli insegnamenti superiori

¹⁹ Von Staden [1989], in particolare pp. 26-30 e 458-60.

²⁰ Così Fraser [1972], vol. I, p. 371.

²¹ Riducendosi in effetti alla (presumibilmente) necessaria autonizzazione tolemaica a praticare dissezioni su cadaveri ed eventualmente vivisezioni su prigionieri (si veda l'ampia discussione in Von Staden [1989], pp. 139-53) e alla menzione, in un'iscrizione del II secolo a.C. proveniente da Delo, di un certo Criserno come «sovrintendente dei medici, e supervisore del Museo».

²² *Ibid.*, p. 458.

²³ Resta ancora insuperato Marrou [1982].

di retorica. Per converso, tutta la vita letteraria, punto di riferimento per l'uomo veramente colto, assunse una marcatissima impronta scolastica, e una qualche forma di originalità poteva venir espressa solo dopo aver preso possesso di complicati sistemi di regole e vincoli, appresi nel corso di un lungo periodo di apprendistato. È invece ai nostri occhi abbastanza sconcertante la pochezza dell'istruzione matematica primaria, che non va molto oltre l'imparare a scrivere numerali e frazioni²⁴. Il bagaglio matematico di un adulto di cultura media comprendeva ben raramente le quattro operazioni, e i pochi frammenti papiracei di argomento matematico e contenenti calcoli sono redatti con una scrittura sicura, da persona matura: occorre dunque supporre che siano appunti di insegnanti²⁵. Le notizie sull'insegnamento scientifico secondario nel periodo ellenistico sono veramente scarse. Sappiamo ad esempio di Arcesilao (morto nel 241/240 a.C.) che «prima di andare ad Atene, ascoltò inizialmente Autolico, che capitava fosse suo concittadino, e con lui viaggiò alla volta di Sardi», e che in seguito «fu auditore del geometra Ipponico» (che però si prendeva la libertà di sbeffeggiare)²⁶. Nicola di Damasco (a cavallo dell'inizio dell'era volgare) studiò grammatica, retorica, musica e matematica prima di dedicarsi alla filosofia²⁷. Galeno (seconda metà del II secolo) ci tiene a mettere in rilievo il proprio *curriculum* completo, in cui figura anche uno studio approfondito di geometria, aritmetica e logistica²⁸, e afferma che Posidonio (a cavallo tra II e I secolo a.C.) fu lo stoico più versato per l'argomentare rigoroso in virtù della sua formazione matematica²⁹. La vita dell'epicureo Filonide (prima metà del II secolo a.C.) conservata in un papiro ercolanese sembra accennare a un suo rapporto di discepolato con il matematico Dionisodoro³⁰, mentre vedremo

²⁴ Limitatamente a un periodo su cui abbiamo dati certi (dal III secolo in avanti), l'insegnamento di procedure per effettuare lunghe divisioni o per approssimare radici quadrate era riservato a *curricula* specialistici, come desumiamo dalle dettagliate descrizioni conservate nei commenti all'*Almagesto* di Tolomeo (si veda ad esempio Teone, in *Almagestum* III, 1, pp. 842-44 Rome). Occorre però ricordare che nell'*Almagesto* si utilizzava l'inconuseto sistema sessagesimale, parzialmente posizionale.

²⁵ Marrou [1982], vol. I, pp. 236-38 e nota 10 alle pp. 398-99. Destinati a fruitori con un certo livello di competenza i papiri contenenti tavole di moltiplicazione o di divisione; ad esempio i papiri *Michigan*, III, 145 e 146 e il papiro *Akhmim* contengono tra l'altro tavole di divisione basate sulla tecnica di decomporre una frazione in una somma di frazioni con numeratore unitario. Per un'ampia discussione, con lista delle tavole pubblicate, si veda Fowler [1999], pp. 222-76.

²⁶ Diogene Laerzio, *Vitae philosophorum*, IV, 29 e 32. Si noti che entrambe le affermazioni sono compatibili con insegnamenti di tipo privato, anzi sembrano presupporli.

²⁷ La notizia è nella voce su Nicola in *Suida*, N 393, vol. III, p. 468 Adler.

²⁸ *De libris propriis*, 11, in *Opera omnia*, tomo XIX, pp. 164-65 Boudon-Millot.

²⁹ *De Placitis Hippocratis et Platonis*, IV, 390 e VIII, 652, pp. 258 e 482 De Lacy (= T83-84 Edelstein-Kidd). Le due testimonianze vanno modulate con la considerazione che la rilevanza data nella *Repubblica* di Platone al *curriculum* matematico rendeva rivendicazioni come quelle di Galeno un *topos* letterariamente attraente.

³⁰ Edizione più recente: Gallo [1980].

Apollonio, che qualifica Filonide come «geometra», suggerire che questi sia stato allievo di Eudemo.

Scarsissime e di poco momento sono le informazioni sull'insegnamento di matematiche in strutture scolastiche o comunque in contesti istituzionali: un elenco di vincitori in un concorso scolastico, a Magnesia del Meandro nel II secolo a.C., in cui si attesta una competizione in aritmetica; una conferenza di un astronomo al ginnasio di Delfi nel I secolo a.C.¹¹; Plutarco che afferma come, in un collegio ateniese, la geometria fosse presente tra le materie di studio dei futuri efebi¹². Abbiamo abbondanza di documentazione riguardo al conferimento di cattedre di insegnamento superiore ad Alessandria, ovverosia di insegnamenti in strutture municipali – ma solo per l'età imperiale e solo per discipline letterarie. Sappiamo ad esempio che poco prima del 270 Anatolio, futuro vescovo di Laodicea, ricoprì un insegnamento di filosofia aristotelica fondandone la successione¹³. Un secolo più tardi il matematico Teone è membro del Museo, l'ultimo di cui si sia a conoscenza di una tale affiliazione e l'unico tra gli uomini di scienza¹⁴. Egli, come subito prima di lui Pappo, si dedicò all'insegnamento, dato che i suoi commentari sono redazioni di corsi, ma non abbiamo idea del genere di strutture dove ciò avvenisse e niente ci assicura che lo facesse in quanto membro del Museo. Ancora un secolo dopo Ammonio, allievo di Proclo ad Atene e maestro di Eutocio, Filopono e Simplicio, occupava una cattedra di filosofia, probabilmente municipale, ad Alessandria¹⁵. Le testimonianze relative al segmento finale dell'istruzione mettono però sempre in rilievo il carattere personale delle relazioni docente/allievo: ammesso che le personalità riunite intorno al Museo nel periodo ellenistico abbiano avuto allievi, ciò non vuol dire che tale attività fosse da connettersi con il loro ruolo istituzionale, né che questa si svolgesse all'interno del Museo o in connessione con esso¹⁶.

Il caso di Archimede ci offre un esempio di come si crei il mito della formazione scientifica ad Alessandria¹⁷. Di positivo sappiamo che inviò le

¹¹ Citati in Marrou [1982], vol. I, p. 263.

¹² *Quaestiones convivales*, IX, 1, 736d. L'episodio risale probabilmente alla metà del I secolo a.C.

¹³ Eusebio di Cesarea, *Historia ecclesiastica*, VII, 32, 6. Già dal 176 Marco Aurelio aveva istituito quattro cattedre imperiali di filosofia ad Atene, una per ciascuna delle maggiori scuole filosofiche. Cattedre imperiali e municipali di retorica esistevano da tempo, e davano diritto a esenzione fiscale. Dato che dello stesso diritto godevano i membri del Museo, occorre supporre che le due cariche fossero correlate.

¹⁴ La notizia è nella voce su Teone in *Suida*, Θ 205, vol. II, p. 702 Adler.

¹⁵ Zaccaria, *Vita Severi*, pp. 16 e 22 Kugener.

¹⁶ Su questo punto insiste anche Marrou [1982, vol. I, pp. 285-88]. Ricordiamo inoltre che il carattere statale del fondo in dotazione al Museo era una notevolissima eccezione: le istituzioni superiori, per quanto molto spesso gestite dalla municipalità, erano a volte sostenute da fondazioni stabilite da donazioni private messe a frutto nelle banche, ma la norma era che gli insegnanti fossero pagati dai loro allievi.

¹⁷ Si vedano ad esempio Dijksterhuis [1987], pp. 11-13, Heath [1921], vol. II, p. 16, e Clagett [1970], p. 213. Ma si leggano le riserve già in Fraser [1972], vol. II, pp. 577-78, nota 174.

sue opere ad alcuni scienziati alessandrini: Eratostene, Conone³⁸, Dositeo³⁹. Inoltre, siamo informati da Diodoro Siculo dell'uso delle «cosiddette coclee, che furono inventate da Archimede, quando capitò in Egitto»⁴⁰. Ora, Eratostene era nato a Cirene, si era formato ad Atene e arrivò ad Alessandria non prima del 246 a.C.⁴¹. Archimede non poteva averlo quindi incontrato negli anni della sua presunta formazione alessandrina, ma si indirizzava a lui come figura di elevato profilo istituzionale e scientifico. Conone (probabilmente più anziano di Archimede: della sua morte quest'ultimo si duole nella prefazione alla *Quadratura della parabola*) effettuò osservazioni astronomiche in Sicilia, come apprendiamo dalle *Phaseis* di Tolomeo⁴², e il padre di Archimede era un astronomo⁴³; occasioni di contatto tra i due possono quindi ben esserci state al di fuori del contesto alessandrino. Dositeo non ebbe altro ruolo se non sostituire Conone come destinatario, ed è molto probabile che Archimede non l'abbia mai conosciuto di persona. Che Archimede abbia «studiato» ad Alessandria è quindi pura illazione, e gli elementi a nostra disposizione rendono anzi probabile il contrario. Mettendo insieme molte congetture di questo tipo non è difficile figurarsi un'intensa attività educativa di alto livello che ebbe il primo impulso con Euclide e che si svolgeva in stretta connessione con il Museo. Una tale ricostruzione non ha alcun

³⁸ Nato a Samo, fu astronomo di corte di Tolomeo III, e dette il nome di *Coma Berenices* alla costellazione ancor oggi così conosciuta. Conone è citato diciassette volte nelle *Phaseis* di Tolomeo.

³⁹ Nella prefazione alla *Quadratura della parabola* Archimede afferma di inviare quell'opera a Dositeo in quanto «amico di Conone e versato in geometria» (*Opera omnia*, vol. II, p. 262 Heiberg). Dalle quattro menzioni fatte nell'almanacco con cui termina l'*Isagoge* di Gemino (pp. 98 sgg. Aujac) e dalla quarantina che si trovano nelle *Phaseis* di Tolomeo si inferisce che Dositeo si fosse occupato di previsione di fenomeni atmosferici su basi calendariali e astronomiche (raccolte in almanacchi chiamati *paraegmata*).

⁴⁰ *Bibliotheca historica*, V, 37, 3. e si confronti anche I, 34. Ateneo afferma che Archimede utilizzava una coclea, «da lui inventata», per drenare la grande nave fatta costruire sotto la sua supervisione per il tiranno di Siracusa Ierone (*Deipnosophistae*, 208f). Dijksterhuis [1987, pp. 21-22] argomenta, a ragione, in favore dell'infondatezza dell'attribuzione dell'invenzione della coclea ad Archimede; l'associazione con il suo nome di un oggetto dalle origini molto probabilmente remote risulta naturale stante il fatto che il siracusano fu il primo matematico a occuparsi estensivamente di spirali. Lo stesso giudizio andrebbe a mio parere esteso all'attendibilità della sua presenza in Egitto.

⁴¹ Strabone, *Geographica*, I, 2, 2, pp. 26-28 Sbordone (= pp. 15-16 Casaubon).

⁴² *Opera omnia*, vol. II, p. 67 Heiberg.

⁴³ Archimede, *Opera omnia*, vol. II, p. 220 Heiberg. Archimede riporta i valori del rapporto tra il diametro del sole e quello della Luna stimati da alcuni astronomi, citando Eudosso, Fidia e Aristarco. Il passo presenta però problemi testuali: il copista che effettuò la traslitterazione in minuscola deve aver letto ΦΕΙΔΙΑΣΔΕΤΟΥΑΚΟΥΠΑΤΡΟΥ, cioè «di Fidia di Acupatro», astronomo assolutamente ignoto. A parere di Blass AKOY è stato emendato in AMOY, lezione accolta da Heiberg, risultandone «di Fidia mio padre». Si tratta di una correzione assolutamente sensata. Che Archimede citi un astronomo altrimenti del tutto sconosciuto insieme con Eudosso e Aristarco è altamente implausibile; mentre che menzioni il padre astronomo nella sua opera meno ingessata non è sorprendente. Il trattato è indirizzato al tiranno Gelone, e non è da escludersi che Fidia fosse stato astronomo di corte a Siracusa.

fondamento; nei fatti, però, il ruolo delle opere di Euclide nello sviluppo della matematica greca fu enorme.

2. L'inizio della tradizione: Euclide.

Il *corpus* euclideo è sicuramente il meno omogeneo tra quelli che ci sono pervenuti. Più di metà degli *Elementi* non tratta di geometria ma di teoria generale delle proporzioni (libro V), di teoria dei numeri (libri VII-IX) o della classificazione di alcune specie di linee irrazionali (libro X, che contiene da solo un quarto delle proposizioni dell'intero trattato). Delle opere analitiche ci sono pervenuti i *Data*, mentre sono perduti trattati avanzati come i *Porismi* o i *Luoghi su superficie*⁴⁴. Non ci sono pervenuti neanche gli *Pseudaria*, raccolta di proposizioni geometriche fallaci⁴⁵, mentre il trattatello *Sulle divisioni* può essere ricostruito sulla base di fonti arabe e latine⁴⁶. Le *Coniche* euclidee cui accenna Pappo sono quasi sicuramente una sua invenzione⁴⁷. Il resto appartiene alle scienze che Aristotele denominerebbe subordinate: *Ottica* e *Catottrica* (rispettivamente teoria della visione diretta e della riflessione), *Fenomeni* (un breve trattato di astronomia sferica) e *Sectio canonis* (teoria armonica).

Il carattere enciclopedico del *corpus* delle opere attribuite a Euclide sembrerebbe compatibile con i supposti intenti del Museo. Occorre però ricordare che trattati elementari di geometria erano già stati redatti a partire dalla seconda metà del v secolo con Ippocrate di Chio; questa non può dunque essere considerata una caratteristica peculiare della strategia culturale promossa dal Museo ad Alessandria. C'è inoltre da tener presente che, fino all'età moderna, opere di cui si fossero perse informazioni sull'autore tendevano a venir attribuite a personalità particolarmente spiccate e che avessero operato nello stesso campo, o almeno in campi contigui, a quello dell'opera rimasta anonima⁴⁸. Per restare in ambito matematico⁴⁹, questo fatto è par-

⁴⁴ Il primo ricostruito magistralmente in R. Simson, *De Porismatibus Tractatus...* in Id., *Opera quaedam reliqua*, Glasgow 1776 (postumo), pp. 315-594.

⁴⁵ F. Acerbi, *Euclid's "Pseudaria"*, in «Archive for History of Exact Sciences», in stampa.

⁴⁶ Archibald [1915].

⁴⁷ Si veda anche più oltre.

⁴⁸ La falsa attribuzione era molto spesso volutamente perseguita per conferire autorevolezza all'opera, e ovviamente ciò avveniva sempre nel caso di falsi. Questa strategia è parallela al tentativo neopitagorico di far risalire tutta la sapienza matematica a Pitagora e alla sua cerchia originaria.

⁴⁹ Nel caso di Aristotele il fenomeno assunse proporzioni gigantesche: si vedano Rosc [1971] e Moraux [1951]. La tradizione antica lega il moltiplicarsi di falsi aristotelici al processo inflattivo nella produzione libraria innescato dalle grandi campagne di accaparramento messe in atto dalle maggiori biblioteche ellenistiche (si veda ad esempio Olimpiodoro, *Prolegomena*, p. 13 Busse). Galeno aveva già fatto notare la correlazione tra i due fenomeni a proposito delle opere di Ippocrate (*In Hippocratis de natura hominis liberum* 1, 44 c Il proem., in *Opera omnia*, tomo XV, pp. 105 e 109 Kühn).

tiolarmente eclatante nel caso del *corpus* eroniano, dove ad esempio sono confluite compilazioni tarde come le *Definitiones*. Alcune opere attribuite a Euclide, come *Catottrica* o *Sectio canonis*, sono tuttora oggetto di discussione quanto alla loro autenticità e la lista contenuta nell'articolo su Euclide del repertorio biobibliografico arabo *Fibrist* (completato nel 987-988) ne elenca svariate già all'epoca ritenute spurie³⁰. Infine, trattati come i *Porismi* o *I luoghi su superficie* erano estremamente corposi e tutt'altro che elementari³¹, e attestano una varietà di intenti più ampia di quanto il tradizionale e limitativo appellativo di *στοιχειωτής* «quello degli *Elementi*» per Euclide suggerisca. Insomma, la spiccata caratteristica di sistematicità e l'ampio spettro dell'opera euclidea è un valore in sé e meritevole di essere perseguito in quanto tale, e non si vede perché doverlo subordinare a un presunto ruolo didattico-educativo. Gli *Elementi* assunsero sicuramente in seguito, in età imperiale e specialmente tardoimperiale, il ruolo di libro di testo, come attestano ritrovamenti papiracei³² e la massa di citazioni che troviamo nei commentatori a partire dal III secolo³³. Nella loro concezione originaria, gli *Elementi* vanno però probabilmente letti in primo luogo come un'opera che si inseriva con autorevolezza e completezza in un genere già ben definito (e sappiamo come considerazioni di questo tipo fossero cruciali nella produzione antica), in secondo luogo come un testo di riferimento per la ricerca avanzata, quale anche i *Data* oppure, più tardi, le *Coniche* di Apollonio.

Riguardo alla collocazione temporale e istituzionale di Euclide, Proclo si esprime così nel suo *Commento*:

Costui visse al tempo del primo Tolomeo, e infatti Archimede, che venne anch'esso dopo il primo <Tolomeo>³⁴, cita Euclide³⁵; e a dire il vero si racconta anche che Tolomeo chiese una volta a quest'ultimo se non ci fosse una strada per apprendere la geometria più breve degli *Elementi*; ed egli rispose che non ci sono vie regie alla

³⁰ Ibn an-Nadīm, *Kitāb al-Fibrist*, pp. 265-66 Flügel. Si ricordi anche che *Ottica*, *Fenomeni* e *Sectio canonis* ci sono giunte in una pluralità di redazioni alquanto differenti.

³¹ Secondo la testimonianza di Pappo (*Collectio*, VII, 20) i *Porismi* contenevano 171 teoremi, da confrontarsi con le 465 proposizioni del testo tradito degli *Elementi*.

³² I tre papiri Michigan, III, 143, *Fayum*. 9 e *Oxyrhynchus*, I, 29 sono chiaramente brogliacci di esercizi scolastici (riportati in Euclide, *Opera omnia*, vol. 1, pp. 187-90 Heiberg-Stamatis, e risalenti rispettivamente al III, II e I secolo; sul papiro Michigan si veda anche Turner *et al.* [1985]). In particolare, il primo di essi è scritto da una mano sicuramente non infantile. A queste testimonianze va aggiunto un *ostrakon* risalente alla seconda metà del III secolo a.C. (il più antico testo geometrico greco conosciuto) e contenente un frammento di una costruzione dell'icosaedro [Mau e Müller 1982].

³³ La maggior parte dei manoscritti degli *Elementi* contiene l'edizione curata da Teone di Alessandria nel IV secolo, ma, come vedremo, non è detto che questa fosse stata concepita come testo di supporto per un insegnamento.

³⁴ Il testo è qui incerto.

³⁵ I riferimenti espliciti agli *Elementi* contenuti nelle opere di Archimede sono sicuramente interpolazioni posteriori.

geometria. Euclide è dunque più giovane dei discepoli di Platone, ma più anziano di Eratostene e di Archimede. Costoro infatti sono tra loro contemporanei, come dice da qualche parte Eratostene³⁶.

La testimonianza di Proclo non stabilisce solo una coincidenza temporale, ma pone Euclide in una posizione in qualche modo direttamente subordinata a Tolomeo. Ciò farebbe automaticamente annoverare il geometra tra gli scienziati raccolti nel Museo di Alessandria.

Ci sono però vari motivi per considerare con sospetto la testimonianza di Proclo. Per le notizie su Euclide egli, per sua stessa ammissione, non si basa sulle fonti storiche di cui si è avvalso fino a poco prima. Le informazioni che riferisce sono facilmente desumibili dal testo degli *Elementi* e da quanto appena riferito su certi matematici precedenti, oppure si limitano a dati di seconda mano³⁷. L'impressione è quella di una notizia biografica improvvisata sulla base di materiali non controllati. Il legame tra Euclide e il primo dei Tolomei è poi stabilito da Proclo con un argomento dalla logica dubbia, indipendentemente dal fatto che sicuramente Archimede *non* citava Euclide: Archimede viene dopo Euclide perché lo cita, Archimede viene notoriamente dopo Tolomeo I, *ergo* Euclide e Tolomeo I sono contemporanei. L'aneddoto, addotto come conferma, si riferisce a un generico Tolomeo e non al primo in particolare, anche se la preterizione dell'ordinale potrebbe essere ampiamente giustificata dal contesto. Troviamo tuttavia lo stesso scambio di battute anche presso Stobeo e Giovanni Damasceno, ma riferito a Menecmo e Alessandro³⁸. Si tratta quindi di un luogo comune, cui sarebbe imprudente accordare troppa rilevanza. Si può osservare che il contenuto fantasioso di tali storielle non esclude il sussistere di coincidenze cronologiche effettive. D'altro canto, personalità rilevanti approssimativamente contemporanee venivano sistematicamente sincronizzate, tramite la data di nascita o il *floruit*, dai biografi antichi. Inoltre, se l'aneddoto è un'elaborazione tardiva è ben difficile che fossero state disponibili fonti biografiche più attendibili di quelle in possesso di Proclo, cioè pressoché niente. Il valore da attribuirsi a questa testimonianza è pertanto scarso, e sicuramente non permette di dedurre qualcosa sulla posizione istituzionale di Euclide.

³⁶ *In primum Euclidis*, p. 68 Friedlein.

³⁷ Si noti anche la vaghezza del riferimento ad Eratostene.

³⁸ Stobeo, *Anthologium*, II, 31, 114, p. 228 Wachsmuth e Giovanni Damasceno, *Parallela sacra*, II, 13, 115, p. 205 Meineke.

3. *La circolazione delle opere matematiche: la testimonianza delle lettere prefatorie.*

In realtà, nessuno dei documenti più attendibili e diretti, cioè le prefazioni alle opere matematiche³⁹, fornisce dettagli sulle condizioni di apprendimento di un qualche matematico, né fa cenno a rapporti con istituzioni: tutt'al più si possono inferire, come nel caso di Archimede, relazioni di patrocinio diretto da parte di un'alta personalità. Sono precedute da prefazioni, ad esempio, le *Coniche* di Apollonio, il compendio arabo del trattato *Sugli specchi ustori* di Diocle (entrambi a cavallo fra III e II secolo a.C.), tutte le opere geometriche di Archimede che ci siano giunte in forma passabilmente completa, e inoltre l'*Arenario* e il *Metodo*. Una rapida rassegna di alcuni elementi contenuti nelle prefazioni ci fornisce anche indicazioni utili sulla maniera di diffusione e sulla circolazione delle opere matematiche nel periodo ellenistico.

Apollonio spedisce i libri delle *Coniche* singolarmente e a singole persone: i primi tre a Eudemo di Pergamo, dal quarto al settimo ad Attalo: dunque i vari libri erano stati originariamente prodotti in copia unica (quella destinata al dedicatario), a parte eventualmente quella dell'autore. Leggiamo dalla breve prefazione al II libro:

Ho inviato da te mio figlio Apollonio, che reca con sé il II libro delle coniche da noi composte. Lavoraci sopra con cura e danne diffusione tra quelli che sono degni di condividerle; e Filonide il geometra, che ti avevo presentato ad Efeso, qualora capiti mai dalle parti di Pergamo, rendilo partecipe [...]»⁴⁰.

Dunque Apollonio ritiene necessario indicare a Eudemo qualcuno cui trasmettere il proprio trattato, anche se ciò può avvenire solo nell'eventualità che si verifichi un incontro casuale. Nella prefazione al I libro raccogliamo un elemento ulteriore: Apollonio afferma di aver preparato due redazioni delle *Coniche*⁴¹. La prima l'aveva consegnata «in tutta fretta» e «mettendoci tutto quello che <gli> era venuto in mente, per ritornarci sopra alla fine», al geometra Naucrante, sotto il cui stimolo si era cimentato nell'impresa, alla partenza di quest'ultimo da Alessandria. Apollonio aveva anche fatto circolare i primi due libri tra «certi altri tra quelli che <lo> frequentavano». La seconda redazione, corretta, era appunto quella che iniziava a spedire a Eudemo. In entrambi i casi si trattava di consegnare personalmente o invia-

³⁹ Queste erano tipicamente indirizzate a qualche destinatario, e la prefazione costituiva una sorta di lettera di accompagnamento. Le opere di Euclide, purtroppo, non sono precedute da introduzioni non dottrinali, e su quelle attestate sussistono dubbi di autenticità (di certo spuria è l'introduzione a una delle redazioni dell'*Ottica*). Non possiamo quindi neanche avanzare congetture sul modo di diffusione delle sue opere in epoca ellenistica.

⁴⁰ *Opera*, vol. I, p. 192 Heiberg.

⁴¹ *Ibid.*, p. 2 Heiberg. Non è da escludersi che quanto narra Apollonio sia inteso a giustificare a posteriori una prima edizione per lui insoddisfacente.

re copie ai diretti interessati. Che Apollonio risiedesse ad Alessandria nel periodo della prima edizione gli rendeva piú facile ottenere buone copie, ma questo non comportava necessariamente che ciò avvenisse all'interno di un'istituzione: lo stesso poteva fare chiunque fosse dotato di risorse economiche sufficienti e avesse facilità di accedere a uno *scriptorium*. Nella prefazione al IV libro la preistoria di alcune delle tematiche in esso affrontate si riduce a: 1) uno scritto di Conone sulla prima di queste tematiche, spedito a un certo Trasideo altrimenti sconosciuto; 2) la reazione violenta di Nicotele, che reputa la trattazione del tutto insoddisfacente dal punto di vista matematico; 3) l'osservazione dello stesso Apollonio su come, nello scritto polemico di Nicotele, venga solo annunciata la soluzione di problemi relativi a una seconda tematica. Apollonio conclude dicendo di non aver trovato questa soluzione «dimostrata né da lui né da qualcun altro»⁶²; lo stesso vale per le restanti tematiche del IV libro. Apollonio era solito ritornare piú volte sullo stesso soggetto, che fosse per correggere radicalmente quanto già pubblicato o nel corso di trattazioni affini: in ogni caso la diffusione originaria avveniva sempre tramite singole persone, e le copie in circolazione erano di difficile reperimento, forse casuale. Ipsicle, che pure si trovava ad Alessandria e che visse verosimilmente poco dopo Apollonio, sembra darne implicita conferma nella prefazione al cosiddetto XIV libro degli *Elementi*:

Basilide di Tiro, o Protarco, venuto ad Alessandria ed entrato in amicizia con nostro padre per l'affinità derivante dalla formazione, trascorse con lui la maggior parte del tempo della permanenza. E studiando una volta quanto scritto da Apollonio circa il confronto del dodecaedro e dell'icosaedro iscritti nella stessa sfera, quale rapporto abbiano tra loro, ritennero che Apollonio questo non lo avesse redatto in modo corretto, ed essi stessi, una volta emendatolo, ne trattarono per iscritto, come mi fu dato di sentire da <nostro> padre. E io *mi imbattei* in seguito in un altro libro pubblicato da Apollonio e che conteneva una certa dimostrazione riguardante il soggetto, e mi sentii molto attratto a studiare il problema. Quanto pubblicato da Apollonio *pare* possano dunque esaminarlo tutti – e infatti *sembra* essere stato messo in circolazione dopo essere stato riscritto con cura –; quanto invece io ritengo manchi, giudicai opportuno indirizzarlo a te, dopo averlo redatto in forma di memoria [...]».

La traduzione araba cui dobbiamo la trasmissione dell'opera di Diocle non ha preservato il nome del destinatario, ma l'autore si rivolge a una seconda persona per spiegare le proprie motivazioni e ci offre uno spaccato dell'attività di ricerca a lui precedente del tutto in linea con quanto abbiamo trovato nella prefazione di Apollonio al suo IV libro:

Pythion di Taso il geometra scrisse una lettera a Conone in cui gli chiede come trovare una superficie riflettente tale che, posta di fronte al sole, il raggio da essa

⁶² *Ibid.*, vol. II, pp. 2-4 Heiberg.

⁶³ Euclide, *Opera omnia*, vol. V, 1, p. 1 Heiberg-Stamatis (corsivi miei). L'opera è attribuita a Ipsicle sull'unica base delle indicazioni d'autore nei manoscritti; nessun autore antico la menziona.

riflesso incontri la circonferenza di un cerchio. E quando l'astronomo Ippodamo⁶⁴ venne in Arcadia e ci fu presentato, ci chiese come trovare una superficie riflettente tale che, posta di fronte al sole, i raggi da essa riflessi si incontrino in un punto e quindi diano fuoco⁶⁵.

Le lettere di accompagnamento alle opere di Archimede rivelano che egli inviava elenchi di problemi aperti e congetture, e in seguito eventualmente le loro dimostrazioni. Alcune delle congetture rivelatesi poi false, egli si curava di mostrare perché, ma non pare che qualcuno dei suoi corrispondenti si fosse impegnato a risolvere i problemi proposti⁶⁶. Proprio come farà più tardi Apollonio, le opere erano inviate a singoli matematici⁶⁷ o scritte per il tiranno Gelone, e tale «edizione» aveva luogo in copia unica, come conferma l'affidamento a Eraclide delle dimostrazioni da consegnare a Dositeo e attualmente facenti parte di *Sfera e cilindro*⁶⁸. Non possediamo alcuna opera inviata a Conone, e non è improbabile che a lui fosse indirizzata soltanto la missiva contenente una serie di problemi aperti menzionata nella prefazione alle *Spirali*⁶⁹, cui fece seguito solo a distanza di anni l'invio a Dositeo delle opere contenenti le soluzioni. È chiaro che Conone era stimato da Archimede in quanto geometra, non perché faceva parte di una qualche istituzione. Anche se la menzione fatta da Apollonio non è molto lusinghiera, questa e le testimonianze di Archimede e Diocle permettono di vedere in Conone, sicuramente legato alla corte dei Tolomei, una figura di riferimento.

4. La dipendenza di Apollonio da Euclide.

È questo un esempio paradigmatico di rapporto di filiazione intellettuale stretta: ciò che potremmo chiamare «appartenere a una stessa scuola». Una testimonianza di prima mano ci viene dallo stesso Apollonio, che menziona Euclide nella lettera prefatoria al I libro delle *Coniche* (si tratta del più antico riferimento a Euclide pervenutoci):

⁶⁴ Toomer emenda il testo arabo in modo che il nome corrispondente greco sia una buona approssimazione di «Zenodoro», cui dobbiamo la bella trattazione del problema isoperimetrico riportata con varianti da più fonti (ad esempio Pappo, *Collectio*, V, 4-19).

⁶⁵ Diocle, *Gli specchi ustori*, p. 34 Toomer = p. 98 Rashed.

⁶⁶ Come risulta dal lamento dello stesso Archimede all'inizio delle *Spirali*: «pur essendo trascorsi molti anni dalla morte di Conone, nessuno dei problemi [s'intende da me propostigli] è stato smosso da nessuno» (*Opera omnia*, vol. II, p. 2 Heiberg).

⁶⁷ In alcuni casi con l'invito a darne diffusione tra «coloro che sono familiari con le matematiche» (*ibid.*, vol. I, p. 4 Heiberg).

⁶⁸ *Ibid.*, vol. II, pp. 2 e 4 Heiberg.

⁶⁹ Lo stesso vale molto probabilmente per Eratostene. Il testamento intellettuale di Archimede, il *Metodo*, inizia appunto con l'affermazione: «Ti avevo spedito in precedenza teoremi <da me> scoperti, scrivendo i loro enunciati <e> dicendoti di trovare le dimostrazioni, che non <ti> dissi al momento» (*ibid.*, p. 426 Heiberg).

Il terzo <libro delle *Coniche*> contiene molti e stupefacenti teoremi, la maggior parte e i piú belli dei quali sono nuovi, utili sia per le sintesi dei luoghi solidi che per le <loro> limitazioni di possibilità, elaborati i quali realizzammo che del luogo a tre e quattro linee non era stata fornita la sintesi da Euclide, se non di una sua parte in cui si era imbattuto, e anche di questa non felicemente; non era infatti possibile completarne la sintesi senza i teoremi da noi scoperti⁷⁰.

Cinque secoli dopo, Pappo corre in difesa di Euclide:

[Apollonio] fu in grado di aggiungere la parte mancante del luogo [s'intende quello a tre e quattro linee] in quanto aveva già ben presenti alla mente gli scritti di Euclide sul luogo, e aveva studiato per lungo tempo ad Alessandria con coloro che avevano imparato da Euclide [...] ⁷¹.

Sebbene quanto dice Pappo sia chiaramente funzionale alla sua tesi che Apollonio non sarebbe potuto arrivare ai suoi vertici senza issarsi sulle spalle di Euclide, le due testimonianze mettono in rilievo una relazione di continuità tra questi ultimi: il primo dichiara di aver portato a compimento un programma di ricerca cui il secondo si era accostato in modo forse non pienamente consapevole e comunque parziale. Altri dati confermano come si trattasse di una scelta strategica da parte di Apollonio:

- egli si era occupato di questioni fondazionali in geometria⁷², e aveva scritto un'opera dal titolo *Trattato generale* (*καθόλου πραγματεία*)⁷³;
- Apollonio avrebbe anche cercato di riformare la terminologia specifica dei *Data* di Euclide⁷⁴, e uno scolio afferma che le definizioni 13-15 di quest'opera gli vanno attribuite⁷⁵;
- Apollonio scrisse un trattato sugli *Irrazionali non ordinati*, che si poneva esplicitamente come estensione del X libro degli *Elementi*⁷⁶;

⁷⁰ *Opera*, vol. I, p. 4 Heiberg.

⁷¹ *Collectio*, VII, 35, p. 121 Jones (= p. 678 Hultsch).

⁷² Proclo ci informa dei seguenti interventi apolloniani su nozioni base degli *Elementi*: chiarimenti su come apprendiamo il concetto di retta (*In primum Euclidis*, p. 100 Friedlein), definizione alternativa di angolo (pp. 123-25), tentativi di dimostrazione di nozioni comuni, in particolare «gli uguali allo stesso sono anche uguali tra loro» (pp. 183, 194-95), costruzione alternativa del punto medio di un segmento (pp. 279-80), di come condurre una perpendicolare a una retta per un punto su di essa (p. 282), di come trasportare un angolo (p. 335). Apollonio non fu il solo a ripensare il I libro degli *Elementi*. I primi teoremi delle *Sferiche* di Menelao, per quanto riferiti a triangoli sferici, possono essere letti come una riscrittura, con diverso ordine deduttivo e senza usare dimostrazioni per assurdo, dei corrispondenti teoremi di *Elementi* I.

⁷³ Marino di Neapoli, *In Data Euclidis*, in Euclide, *Opera omnia*, vol. VI, p. 234 Menge.

⁷⁴ *Ibid.*

⁷⁵ Euclide, *Opera omnia*, vol. VI, p. 264 Menge.

⁷⁶ Pappo, *Commento al libro X degli «Elementi» di Euclide*, I, 1, pp. 63-64 e II, 1, p. 119 Jungé-Thomson; Proclo, *In primum Euclidis*, p. 74 Friedlein, e lo Scolio liminare al X libro degli *Elementi* (Euclide, *Opera omnia*, vol. V, 2, p. 83 Heiberg-Stamatis).

- come abbiamo visto, nell'introduzione al libro XIV degli *Elementi* Ipsicle afferma di aver composto il testo sotto lo stimolo delle ricerche di Apollonio sul confronto tra dodecaedro e icosaedro, intese probabilmente a completare *Elementi* XIII;
- alcune particolarità strutturali di certi libri delle *Coniche* si comprendono solo alla luce di corrispondenti caratteristiche di libri degli *Elementi*: ad esempio l'uso quasi esclusivo delle dimostrazioni per assurdo nel IV libro porta all'estremo una pratica che spicca per frequenza in *Elementi* III;
- Pappo afferma che «Apollonio, completando i 4 libri delle *Coniche* di Euclide e aggiungendone altri 4, approntò 8 volumi di *Coniche*»⁷¹;
- la struttura macroscopica di tipo sistematico evidente nelle principali opere geometriche apolloniane (*Coniche*, *Resezione di un rapporto*, *Tangenze*, *Resezione di una superficie*, *Direzioni*, *Sezione determinata*, *Luoghi piani*) si pone in linea con una tra le caratteristiche salienti del *corpus* euclideo;
- piú in generale, con Apollonio comincia a svilupparsi l'idea di *sistema* in cui inserire una trattazione matematica già di per sé completa: classificazione di luoghi (*Luoghi piani*) e di linee (*Sull'elica*); creazione di una nuova terminologia per i *Data*, discussione delle assunzioni di base, riscrittura di certi segmenti degli *Elementi* (*Trattato generale*); riduzione di costruzioni particolari ad altre (*Direzioni*).

Apollonio si pone quindi in maniera esplicita come interprete ottimale dell'approccio sistematico euclideo. Resta da vedere se questo implichi una dipendenza diretta, quale allievo di allievi, come affermato da Pappo. Ciò è possibile, ma certamente non necessario: a Pappo può semplicemente esser risultato naturale inferire un rapporto di discepolato piú o meno istituzionalizzato.

5. Il cosiddetto stile matematico euclideo.

Le opere matematiche greche, e *a fortiori* quelle di provenienza aleksandrina, presentano delle caratteristiche strutturali e stilistiche comuni, le variazioni incidendo solo marginalmente. Anche un autore dai molti registri come Erone (forse I secolo) tende a conformarsi, sia nei suoi trattati meccanici che in quelli metrologici. Paradigma di questo stile sono considerati

⁷¹ *Collectio*. VII, 30, p. 115 Jones = p. 672 Hultsch. Come detto, quest'informazione va presa con riserva: il dettaglio numerico è sospetto (Apollonio stesso qualifica i primi quattro libri delle sue *Coniche* di «elementari», cfr. *Opera*, vol. I, p. 4 Heiberg) e nessun'altra fonte menziona quest'opera euclidea.

gli *Elementi*. La collocazione cronologica di Euclide potrebbe far parlare di «stile euclideo», se non fosse per alcuni problemi:

- Archimede e Autolico adottano lo stesso modo di scrivere matematica ma vanno considerati indipendenti da Euclide⁷⁸;
- proprio gli *Elementi* sono stati rielaborati più volte, non si sa se a scopo didattico o no. Di certo Teone ne curò un'edizione, e prima di lui il commentario di Erone aveva indotto modifiche notevoli nel testo. Non siamo insomma in grado di valutare se e quanto ci fosse di informale, in termini ad esempio di passaggi non resi espliciti oppure di minore aderenza a un linguaggio formulare, nella redazione originaria. Le opere applicative attribuite a Euclide lasciano molto spazio a considerazioni informali, ed esistono redazioni di parti degli *Elementi* molto più compatte rispetto al testo greco canonico⁷⁹. La stessa idea di canonicità di un testo non va da sé: ha senso parlarne solo in un'ottica tardoantica, quando testi come gli *Elementi* o le *Coniche* furono iscritti in un vero e proprio canone⁸⁰; questo ha comportato anche una selezione e una riscrittura che hanno interferito pesantemente con la trasmissione;
- il carattere informale della trasmissione scientifica suggerisce che non ci fosse un testo modello: lo stile veniva assimilato formandosi con altri matematici.

Resta il fatto che i testi di cui ci occupiamo presentano con ottima approssimazione le seguenti caratteristiche:

- si tratta di opere generali oppure miranti a trattare esaurientemente un singolo tema di ricerca. La struttura è sempre la stessa: una serie di proposizioni corredate di dimostrazioni con o senza considerazioni preliminari; nel corpo del trattato nessun intermezzo o commento su perché lo svolgimento segua proprio quella linea. Lo scopo è spesso dichiarato nella lettera prefatoria, quando ve ne sia una, ma a volte no. La distinzione fra trattati di base e opere di ricerca avanzata è fuorviante per l'antichità: lo sforzo fondazionale degli *Elementi*, consistente principalmente nella presa d'atto per niente ovvia che

⁷⁸ La scrittura archimedea presenta, al livello di struttura fine, alcune peculiarità che la pongono al margine dello stile canonico. Ma Archimede è marginale anche al livello contenutistico e, come abbiamo visto, è la personalità che ha meno legami con Alessandria.

⁷⁹ Ad esempio la redazione di *Elementi* XII che troviamo in un manoscritto conservato alla Biblioteca Comunale di Bologna oppure certi libri degli stessi *Elementi* come ci sono preservati dalla tradizione araba.

⁸⁰ La formazione di raccolte canoniche omogenee come ad esempio il *Corpus astronomico minore* risale probabilmente a questo periodo; ebbe come conseguenza di incrementare le probabilità di sopravvivenza delle opere che le componevano, che infatti ci sono pervenute tutte insieme in singoli codici (nel nostro caso il *Vat. gr.* 204).

anche ciò che è evidente necessita di dimostrazione, produsse l'opera sicuramente più raffinata dal punto di vista strutturale insieme con le *Coniche* di Apollonio;

- viene adottato un certo stile nel redigere le dimostrazioni. Queste seguono uno schema ben preciso, al punto che ne fu proposta una canonizzazione, come ricaviamo da Proclo⁸¹. Diagrammi e lettere rappresentano e denotano oggetti matematici, anche nel caso della teoria dei numeri⁸²; per questo motivo, le dimostrazioni sono *sempre* condotte su di un caso paradigmatico, *apparentemente* non generale. Il linguaggio è formulare e generativo, con strutture sintattiche identiche adattate di volta in volta, per mera sostituzione delle lettere denotative, al contesto; si tratta di un vero e proprio formalismo in linguaggio naturale che è una delle caratteristiche più salienti dello stile matematico greco. I verbi sono sempre al passivo o in forme impersonali, le costruzioni regolarmente rese con il perfetto: la temporalità e l'autore sono stati evacuati dai testi matematici greci, e colui che scrive non si permette mai di interferire con il proprio testo;
- l'intenzione è dimostrativa, e non si perde neanche quando, come ad esempio con Erone, siano esposte procedure numeriche: queste sono sempre dedotte o legate a dimostrazioni generali⁸³. Che poi le dimostrazioni non siano a volte realmente concludenti, come accade in certi casi nelle opere euclidee di carattere applicativo, è un'altra questione, e anzi conferma l'assunto che fosse la struttura sintattico-argomentativa a essere percepita come di per sé concludente.

Questo formato fu grosso modo mantenuto anche nei trattati concernenti scienze subordinate. La matematica resta però la scienza dimostrativa per eccellenza, anzi il paradigma di riferimento: l'impresa del matematico è eminentemente conoscitiva, ed egli non ha bisogno di ricondurre i fenomeni, per poterli spiegare, a oggetti e loro relazioni più elementari. In effetti una delle caratteristiche peculiari delle scienze non matematiche antiche è il loro carattere modellistico: la costruzione di modelli non avveniva per mezzo della matematica all'interno di un quadro esplicativo preesistente; il modello veniva invece messo in piedi all'interno della matematica stessa, mentre solo una parte della terminologia veniva presa a prestito dalla fenomenologia relativa al particolare stato di cose in esame, che costituiva a sua

⁸¹ *In primum Euclidis*, pp. 203-7 Friedlein.

⁸² Questa caratteristica fu da subito percepita come saliente: il termine διάγραμμα finì per diventare sinonimo di «proposizione»; con γαμμητή ο espressioni consimili veniva qualificata una dimostrazione che oggi chiameremmo «rigorosa», e questo anche in ambito aritmetico (cfr. ad esempio Pappo, *Collectio*, II, 4, p. 6 Hultsch).

⁸³ L'eccezione più importante sono gli *Arithmetica* di Diofanto, il cui scopo è però già in partenza la ricerca di soluzioni particolari.

volta l'unico riferimento nel mondo «reale»: non si dà alcun esempio antico di modello inteso come riduzione del fenomeno a un quadro ritenuto più fondamentale da un punto di vista ontologico (in questo senso, l'approccio antico alla modellistica si apparenta decisamente a quello che è venuto sviluppandosi nel corso del xx secolo). Tale peculiarità risultò evidente già nella sua fase di gestazione: Aristotele accenna più volte al ruolo subordinato dell'ottica e della teoria musicale rispetto alla geometria e all'aritmetica rispettivamente⁶⁴; inoltre menziona «le più fisiche tra le matematiche, quali ottica, teoria musicale e astronomia; [...] l'ottica indaga una linea matematica, ma non in quanto matematica, bensì in quanto fisica»⁶⁵. Che i modelli siano interni alla matematica è mostrato anche dal formato esteriore delle opere in cui vengono esposti, identico a quello dei trattati di geometria: identico snodarsi di assunzioni e teoremi, invariati il tipico uso delle lettere, il linguaggio formulare, la divisione della dimostrazione in sezioni più o meno facilmente riconoscibili. Una proposizione delle *Pneumatiche* di Erone si legge esattamente come un teorema degli *Elementi* di Euclide. Tutta la trattatistica scientifica antica si conforma consapevolmente alle regole del genere letterario «trattato di geometria». In questo modo si intendeva ribadire la propria appartenenza a un genere la cui autorità non è mai stata in discussione, e il rapporto di subordinazione era chiaramente considerato nell'ordine delle cose. In età postellenistiche diventano però sempre più rilevanti le introduzioni dottrinali, una trama discorsiva che amalgama le proposizioni matematiche e il riferimento a fatti e apparati sperimentali. Così, in ottica si passa da trattazioni di impostazione strettamente modellistica come *Ottica* e *Catoptrica* attribuite a Euclide o alcune proposizioni degli *Specchi ustori* di Diocle a esposizioni più composite quali il compendio noto come *De speculis*⁶⁶ o l'*Ottica* di Tolomeo⁶⁷. Analoga evoluzione per le opere di teoria musicale di impronta matematica, dalla *Sectio canonis* alle *Armoniche* di Tolomeo⁶⁸.

Usciamo dall'ambito delle scienze subordinate: in teoria dei numeri, Ipsicle nell'*Anaforico* e Diofanto nei *Numeri poligonal* si mettono esplicitamente nella scia degli *Elementi*⁶⁹. La teoria delle successioni geometriche di numeri interi sviluppata nei libri VIII e IX è coronata da due teoremi: IX, 35 può essere utilizzato per trovare la somma di una serie geometrica di

⁶⁴ Si veda *Analytica posteriora* A 7, 75b15-17; ancora più interessanti la ripetizione dell'affermazione in A 13, 78b35-79a16, dove si afferma inoltre la subordinazione «delle cose di meccanica rispetto alla stereometria e dei fenomeni rispetto all'astronomia», e la discussione a *Metaphysica* M 3.

⁶⁵ *Physica* B 2, 194a7-12.

⁶⁶ Migliore edizione Jones [2001].

⁶⁷ Edizione Lejeune [1989].

⁶⁸ Edizione Düring [1982].

⁶⁹ Il primo operò sicuramente ad Alessandria, come abbiamo visto; il secondo è tradizionalmente denominato Alessandrino, ma le nostre notizie si fermano qui.

ragione qualsiasi; su questa base, IX, 36 fornisce una condizione sufficiente perché un numero sia perfetto. Ipsicle e Diofanto sommano invece serie aritmetiche e ci danno come conseguenza una caratterizzazione delle varie specie di numeri poligionali. Apollonio, forse come risposta all'*Arenario* di Archimede, sviluppò un sistema efficiente per denominare grandi numeri⁹⁰. Il valore fondativo delle opere riunite nel *corpus* euclideo apparirà evidente da un altro esempio.

6. I poliedri regolari.

La tradizione attribuisce a Teeteto l'invenzione della nozione di poliedro regolare⁹¹, anche se alcuni di essi erano sicuramente noti prima. Fu probabilmente il primo a darne una definizione, stabilendo che ve ne sono solo cinque. Il punto cruciale è in effetti quello di isolare questa nozione come rilevante, per mezzo di una buona definizione: ciò permette di dare dignità all'ottaedro, solido altrimenti insidiosamente poco significativo.

Negli *Elementi* non troviamo una definizione dei poliedri regolari come classe: sono definiti singolarmente, eccettuato il tetraedro. Il libro XIII se ne occupa in modo esclusivo: dopo alcuni risultati preliminari, per ognuno viene fornita una costruzione con cui inscrivere in una sfera di raggio dato, e stabilito il valore dello spigolo rispetto al diametro della sfera; gli spigoli sono infine confrontati tra loro⁹². Gli spigoli di icosaedro e dodecaedro sono identificati con due delle linee irrazionali introdotte nel X libro, rispettivamente la minore e l'apotome.

Il tema dette origine a sottili variazioni, che coinvolsero quasi tutti i principali matematici posteriori. È decisiva la testimonianza del cosiddetto XIV libro degli *Elementi*: Aristeo (forse contemporaneo di Euclide) scrisse un trattato intitolato *Confronto delle 5 figure*, dimostrando tra l'altro che la faccia triangolare dell'icosaedro e quella pentagonale del dodecaedro inscritti nella stessa sfera si trovano iscritte nello stesso cerchio⁹³. Come abbiamo visto, Apollonio scrisse un *Confronto del dodecaedro e dell'icosaedro* e dette lo spunto a Ipsicle per riprendere la questione in una breve trattazione. Il contributo di quest'ultimo non è facile da valutare: è relativamente semplice individuare le aggiunte del recensore che trasformò lo scritto nel XIV libro

⁹⁰ È un'acquisizione recente la rivalutazione della combinatoria antica [Acerbi 2003].

⁹¹ Scolio liminare al XIII libro degli *Elementi* (Euclide, *Opera omnia*, vol. V, 2, p. 291 Heiberg-Stamatis).

⁹² Queste proposizioni non hanno una struttura canonica, consistendo in un problema e un teorema racchiusi dallo stesso enunciato.

⁹³ Euclide, *Opera omnia*, vol. V, 1, p. 4 Heiberg-Stamatis. Mentre la prefazione a *Elementi* XIV è sicuramente di Ipsicle, questo passaggio può essere un'aggiunta posteriore.

degli *Elementi*, ma è alquanto complicato capire se Ipsicle riporti oppure no interi frammenti delle opere dei suoi due predecessori. In un decrescendo dimensionale, il rapporto tra i due solidi è prima dimostrato essere lo stesso di quello delle loro superfici e poi di quello di due grandezze lineari, lo spigolo dell'icosaedro e quello del cubo inscritti nella stessa sfera. La riduzione finale esce dall'ambito stereometrico: il rapporto è lo stesso di opportune combinazioni delle parti di un segmento secato in rapporto aureo. Archimede classificò i tredici solidi semiregolari, come risulta da Pappo⁹⁴: una piccola modifica alla definizione di solido regolare, con la caduta della condizione che le facce siano tutte simili, permise di identificare una nuova classe di oggetti. Ancora Pappo offre altre costruzioni dei cinque solidi, alternative a quelle degli *Elementi* e caratterizzate dall'uso di analisi e sintesi; e inoltre la comparazione dei volumi dei poliedri regolari di uguale superficie⁹⁵, all'interno di una trattazione più ampia del problema isoperimetrico. Il cosiddetto libro XV degli *Elementi* è probabilmente una compilazione molto tarda (inizio VI secolo). In esso troviamo risolto, anche se solo in alcuni casi, il problema di inscrivere un poliedro regolare in un altro, procedure per calcolarne il numero di spigoli e vertici e costruzioni per determinarne il valore degli angoli diedri.

Abbiamo velocemente riassunto una vera impresa collettiva mirante a stabilire relazioni tra i solidi regolari, ma è il metodo delle accrezioni successive che ora ci interessa. La matematica greca è la prima che si costituisce espressamente come tradizione: una trama per quanto a maglia larghissima collega tutte le personalità, anche quelle minori, e non lascia completamente isolata neanche una figura come Archimede. La percezione fortissima di questa tradizione permise quel processo di crescita per accumulazione che non perde mai di vista il miglioramento e completamento dell'altrui, la collocazione in un genere letterario e scientifico molto ben definito. L'intero *corpus* matematico è a disposizione del matematico in ogni momento, e questo spiega l'assenza di «riferimenti» a teoremi considerati ben noti. L'originalità, reclamata in più luoghi da Apollonio, è sicuramente intesa in accezione più ampia della nostra: include la variazione, anche minima, sul tema-teorema fissato, il completamento, il miglioramento della struttura deduttiva e la più ampia generalità nelle esposizioni elementari. Alcune di queste caratteristiche verranno portate all'estremo in età tardoimperiale.

⁹⁴ *Collectio*, V, 33-36.

⁹⁵ *Ibid.*, III, 86-95 e V, 72-105. L'esposizione di Pappo ha molti punti di contatto con quella di Ipsicle.

7. *La matematica dei commentatori.*

Quelle dei commentatori sono opere di scuola, a volte redazioni di corsi, intese a chiosare, variare, completare o interconnettere un *corpus* matematico ormai ritenuto compiuto ed eretto a canone. Le fonti usate erano altri luoghi del *corpus*, in particolare i trattati più elementari, e lo stile è la sublimazione di quello «euclideo»: potremmo definirlo atticismo matematico⁶⁶. La disponibilità di fonti è condizione necessaria per redigere commentari, realizzabile solo in centri che possedano biblioteche ben fornite. La tradizione del commento scientifico, ben diverso da quello di impianto più marcatamente filosofico che verrà proposto ad esempio da Proclo ad Atene, si sviluppò in età imperiale ad Alessandria, dove in epoca ellenistica si era formato il genere, con la nascita del commento letterario di stampo filologico⁶⁷. Occorre supporre una buona continuità di accesso alle fonti se questa tradizione si perpetuò da Erone fino a Eutocio (inizio VI secolo). Anche se è probabile che esistessero «copie ufficiali» di opere matematiche ad Alessandria del periodo ellenistico, come nel periodo classico quelle dei tragici ad Atene⁶⁸, la deperibilità del papiro in ambienti umidi rende impossibile che tali opere siano sopravvissute fino al VI secolo senza essere state ricopiate più volte. Per gli *Elementi*, ad esempio, questo può essere avvenuto in concomitanza sia con il commento di Erone che con l'edizione di Teone, quest'ultima forse già su codice di pergamena. Non ci si rivolgeva però solo ai discendenti degli esemplari preservati nelle grandi concentrazioni librerie ellenistiche: Eutocio, che interpretava il proprio ruolo di commentatore in termini forse più filologicamente corretti di altri, non perde occasione di mettere in rilievo la propria abilità di cacciatore di manoscritti⁶⁹. Va sottolineato che nessuna edizione tarda delle opere dei matematici ellenistici sembra essere legata a esigenze pedagogiche. Questa convinzione, espressa ad esempio da Heiberg nei *Prolegomena critica* alla sua edizione degli *Elementi*⁷⁰, non ha nessun fondamento documentario: a partire dalla constatazione che l'edizione di Teone non raggiunge il livello di quelle dei grandi grammatici alessandrini e dall'attestata appartenenza di Teone al Museo, Heiberg inferisce che l'edizione può essere stata preparata solo a fini

⁶⁶ Pappo atticizza anche in senso proprio, cioè da un punto di vista lessicale e sintattico.

⁶⁷ Per una prima orientazione si veda Pfeiffer [1968].

⁶⁸ Galeno racconta (*In Hippocratis Epidem. III*, in *Opera omnia*, tomo XVII pars I, p. 607 Kühn) che Tolomeo III chiese in prestito ad Atene gli esemplari ufficiali per farne fare una copia per la Biblioteca di Alessandria. Ricevutele, Tolomeo preferì tenersi l'originale, restituire la copia a perdere un'ingente cauzione.

⁶⁹ Segnatamente riguardo al ritrovamento di un'appendice perduta a *Sfera e cilindro* II di Archimede (cfr. *Opera omnia*, vol. III, pp. 130-32 Heiberg). L'edizione che ancora leggiamo del testo greco dei primi quattro libri delle *Coniche* di Apollonio fu preparata da Eutocio per collazione di versioni divergenti.

⁷⁰ Euclide, *Opera omnia*, vol. V, 1, p. LVIII.

didattici. In quest'ottica non si capisce però come l'edizione di Teone possa differire in modo così trascurabile dal punto di vista matematico da quella trasmessa nell'unico codice non teonino conosciuto, il *Vat. gr.* 190.

Erone dette forse inizio alla tradizione del commentario tecnico alessandrino, scrivendone uno agli *Elementi* di cui possiamo farci un'idea solo tramite fonti indirette¹⁰¹; la misura del suo contributo al testo tradito del trattato euclideo è di difficile valutazione ma risulta continuamente accresciuta con gli studi più recenti¹⁰². Erone stabilì probabilmente i canoni del genere: aggiunta di casi mancanti, di lemmi e corollari oppure di complementi matematici; dimostrazioni alternative atte a rinforzare la struttura deduttiva o a semplificarla; sostituzione di dimostrazioni per assurdo con prove dirette o, più raramente, viceversa; aggiustamenti strutturali come cambiamenti dell'ordine di certe proposizioni; soppressione o aggiunta di definizioni o assiomi, fino alla riscrittura di interi segmenti di testo, come le proposizioni 2-10 del libro II. A Erone è anche attribuita una raccolta di *Definizioni*, nel loro assetto attuale sicuramente una compilazione bizantina ma contenenti un nucleo eroniano di cui ci sono poche ragioni di dubitare, sebbene la sua identificazione sia compito improbo. Pappo è il primo dei grandi commentatori di cui ci sia giunto qualcosa: gli è attribuito un commento al X libro degli *Elementi* (trasmesso solo in versione araba) e ci sono pervenuti due libri del suo commento all'*Almagesto*. Quest'ultima era un'opera di scuola: un commentario cursivo in cui Pappo chiosa in dettaglio, frase dopo frase e sempre su aspetti tecnici anche molto elementari. La *Collectio* fa storia a sé: si tratta di un'enorme congerie di trattazioni monotematiche del tutto disconnesse tra loro, e inoltre lemmi, rettifiche e complementi utili allo studio di molte opere del *corpus* antico. Teone si mise nella scia di Pappo come commentatore, attingendovi non poco, e causò l'eclisse delle corrispondenti opere di quest'ultimo. Le prefazioni dei commenti di Teone all'*Almagesto* e alle *Tavole facili* di Tolomeo ci danno informazioni preziose sul suo modo di insegnare. Un caso particolare è costituito da Eutocio: forse successore di Ammonio a capo della scuola neoplatonica di Alessandria¹⁰³, egli salda a quella matematica la tradizione del commentario filosofico di matrice neoplatonica, che aveva comunque prestato una certa attenzione all'approfondimento di carattere matematico: al suo condiscipolo Simplicio, redattore di commenti alle opere di Aristotele, dobbiamo quasi tutto quello che sappiamo sulla matematica preeuclidea. Eutocio ha commentato alcune opere del *corpus* archimedeo e le *Coniche* di Apollonio. Quest'ultima opera ci è pervenuta

¹⁰¹ In particolare il commento di Proclo al I libro degli *Elementi* e quello di an-Nayrīzī all'intero trattato. Quest'ultimo è conservato in due versioni incomplete, araba e latina, apprezzabilmente differenti.

¹⁰² Si veda in ultimo Vitrac [2004].

¹⁰³ Come deduciamo dall'unico frammento superstite del commento di Elias agli *Analitici primi*, pubblicato in Westerink [1963].

nella sua edizione, che ha sicuramente apportato modifiche cospicue al testo su cui fu basata¹⁰⁴.

8. *La scuola matematica alessandrina.*

Lo scambio scientifico nell'età ellenistica avveniva in maniera molto peculiare e offre, come abbiamo visto, testimonianze in contraddizione con la pretesa che esistessero strutture istituzionali di ricerca o insegnamento. Solo la matematica dei commentatori è sicuramente legata alla disponibilità di fonti scritte e, almeno in parte, a pratiche di scuola, e anzi il suo carattere ai nostri occhi scarsamente originale riceve una spiegazione storicamente adeguata solo in questa prospettiva. È però incontestabile che buona parte delle figure più rappresentative è legata in qualche maniera ad Alessandria e che si può parlare in senso molto proprio di filoni di ricerca incarnati da queste figure: una scuola di pensiero può costituirsi come tradizione senza bisogno di strutture dedicate. La centralità di Alessandria per la matematica greca antica è dunque in larga misura accidentale sul piano istituzionale – ma resta un dato di fatto.

ACERBI, F.

2003 *On the shoulders of Hipparchus. A reappraisal of ancient Greek combinatorics*, in «Archive for History of Exact Sciences», 57, pp. 465-502.

ARCHIBALD, R. C.

1915 *Euclid's Book on Division of Figures. With a restoration based on Woepcke's text and on the Practica Geometriae of Leonardo Pisano*, Cambridge University Press, Cambridge.

BAGNALL, R. S.

2002 *Alexandria: library of dreams*, in «Proceedings of the American Philosophical Society», 146, pp. 348-62.

CLAGETT, M.

1970 «Archimedes», in *Dictionary of Scientific Biography*, diretto da Ch. C. Gillispie, 16 voll., Ch. Scribner's Sons, New York 1970-80, vol. I, pp. 213-31.

DIJKSTERHUIS, E. J.

1987 *Archimedes*, Princeton University Press, Princeton [trad. it. *Archimede*, Ponte alle Grazie, Firenze 1989].

¹⁰⁴ O per meglio dire ai testi: nel suo commento, Eutocio afferma che ancora ai suoi tempi «c'erano più edizioni» delle *Coniche*, e che ritenne opportuno «riunirle, ponendo nel testo, per la comodità dell'esposizione, le dimostrazioni più chiare tra quelle che si presentavano, segnalando le varianti all'esterno, nelle annotazioni raccolte ordinatamente» (Apollonio, *Opera*, vol. II, p. 176 Heiberg). Si tratta di una delle pochissime testimonianze esplicite sulla collocazione di commentari come *marginalia* a un testo, pratica resa più agevole dall'avvento del codice.

- DÜRING, I.
1982 *Die Harmonielehre des Klaudios Ptolemaios* (1930), Georg Olms Verlag, Hildesheim.
- FOWLER, D. H.
1999 *The Mathematics of Plato's Academy. A New Reconstruction*, 2a ed., Clarendon Press, Oxford.
- FRASER, P. M.
1972 *Ptolemaic Alexandria*, 3 voll., Oxford University Press, Oxford.
- GALLO, I.
1980 *Vita di Filonide epicureo* (PHerc. 1044), in *Frammenti biografici da papiri II*, Edizioni dell'Ateneo e Bizzarri, Roma, pp. 23-166.
- HEATH, T. L.
1921 *A History of Greek Mathematics*, Clarendon Press, Oxford.
- JONES, A.
1999 *Astronomical Papyri from Oxyrhynchus*, Memoirs 233, American Philosophical Society, Philadelphia.
2001 *Pseudo-Ptolemy, «De Speculis»*, in «SCIAMVS», II, pp. 145-86.
2005 *Ptolemy's «Canobic Inscription» and Heliodorus' observation reports*, in «SCIAMVS», 6, pp. 53-97.
- LEJEUNE, A.
1989 *L'Optique de Claude Ptolémée*, Brill, Leiden 1989².
- LEWIS, N.
1963 *The non-scholar members of the Alexandrian museum*, in «Mnemosyne», 16, pp. 257-61.
- MARROU, H.-I.
1982 *Histoire de l'éducation dans l'Antiquité* (1948), 6a ed., Seuil, Paris [trad. it. *Storia dell'educazione nell'antichità*, Studium, Roma 1984].
- MAU, J. e MÜLLER, W.
1982 *Mathematische Ostraka aus der Berliner Sammlung*, in «Archiv für Papyrusforschung», 17, pp. 1-10.
- MORAUX, P.
1951 *Les listes anciennes des ouvrages d'Aristote*, Éditions Universitaires de Louvain, Louvain.
- PFEIFFER, R.
1968 *History of Classical Scholarship*, Clarendon Press, Oxford [trad. it. *Storia della filologia classica: dalle origini alla fine dell'età ellenistica*, Macchiaroli, Napoli 1973].
- ROSE, V.
1971 *Aristoteles Pseudepigraphus* (1863), Georg Olms Verlag, Hildesheim.
- STADEN, H. VON
1989 *Herophilus: The Art of Medicine in Early Alexandria*, Cambridge University Press, Cambridge.

TURNER, E., FOWLER, D. H., KOENEN, L. e YOUTIE, L. C.

1985 *Euclid, «Elements» I, Definitions 1-10 (P. Mich. III 143)*, in «Yale Classical Studies», 28, pp. 12-24.

VITRAC, B.

2004 *À propos des démonstrations alternatives et autres substitutions de preuves dans les «Éléments» d'Euclide*, in «Archive for History of Exact Sciences», 59, pp. 1-44.

WESTERINK, L. G.

1963 *Elias on the prior analytics*, in «Mnemosyne», 16, pp. 129-36.