

Il paradigma euclideo e la sua eclissi

Renato Migliorato - Università di Messina - renato.migliorato@gmail.com

Abstract: In several previous publications, the author outlined the fundamental characters of a scientific paradigm used in the third century b.C. that he calls *Euclidean paradigm*. Such paradigm was autonomous from any metaphysical speculation, as already observed by various authors starting from Neugebauer and Knorr. The lack of primary sources makes its origin and its previous evolution very difficult and controversial. Here we investigate on the reasons, the times and the forms of its eclipse.

Keywords: History of Ancient Science

1. Introduzione

Nel mio volume *La ragione e il fenomeno* (Migliorato 2012, p. 114) richiamavo un breve passo di Wilbur Knorr (1978) in cui si esprimeva la convinzione che i matematici dell'antichità greca operassero secondo una tradizione di *problem solving*, senza lasciarsi coinvolgere o influenzare dalle opinioni dei filosofi. D'altra parte anche Neugebauer aveva decisamente negato l'influenza di Platone e del suo pensiero sulla matematica greca (Neugebauer 1972; Migliorato 2012, p. 110).

Nei precedenti lavori sull'argomento,¹ alcuni dei quali in collaborazione con G. Gentile, l'autore sviluppava un'ipotesi interpretativa secondo cui la produzione scientifica nel III sec. a.C. si sarebbe svolta sulla base di un ben preciso e autonomo paradigma, che per comodità chiamava *paradigma euclideo*, sulle cui origini, però, si lasciava sostanzialmente aperto il problema, data soprattutto l'assenza di testi originali precedenti agli *Elementi* di Euclide.

Nasce tuttavia un problema di non facile soluzione. Ci si può chiedere, infatti, perché nei secoli successivi non vi sia traccia, né diretta né testimoniale, dei principi su cui tale paradigma sembra procedere, ed anzi, a partire dal primo secolo d.C., l'abbondante materiale critico che si costituisce nella tradizione dei *Commenti*, sembri avvalorare l'idea di una scienza profondamente radicata nella tradizione platonico-aristotelica.

Le ipotesi di spiegazione che in vari momenti ho cercato di sviluppare, sebbene più complesse e articolate, si presentano indubbiamente parziali e non prive di problemati-

¹ Tutti di volta in volta citati nel testo o in nota, oltre che nella bibliografia. Va precisato che rispetto alle prime formulazioni, contenute soprattutto nei lavori del 2005, l'autore ha maturato qualche parziale ripensamento che lo induce, oggi, a non dare per scontata quella svolta radicale già qualificata come "rivoluzione euclidea". Ciò non mette in discussione l'esistenza di un ben definito paradigma scientifico, testimoniato per la prima volta dagli *Elementi*, ma lascia aperta la questione del quando e come quel paradigma si sia costituito con i caratteri rilevati.

cià. Lungi, inoltre, dall'aver pretese di esaustività, esse si pongono come punto di avvio di ulteriori e più puntuali approfondimenti. Da qui il presente lavoro che si propone un ulteriore passo in questa direzione, assieme, com'è ovvio, ai necessari, se pur sintetici, richiami di quanto già detto in precedenti pubblicazioni.

2. Il problema

Un'opera che appare significativa per la nostra analisi è costituita dalle *definitiones*, una raccolta di definizioni di termini tecnici, attribuita quasi unanimemente a Erone, e destinata, per esplicita dichiarazione dell'autore, a rendere agevole la comprensione dei testi matematici a chi si accinge ad affrontarli per la prima volta. Sebbene l'attribuzione ad Erone sia stata messa qualche volta in discussione, non ritengo di soffermarmi su questo punto perché non credo che una diversa attribuzione possa portare a sostanziali differenze in ciò che sto per dire, né mi pare che la datazione possa essere discostata di molto da quella attualmente presunta (I sec. d.C.). Oltre che al testo originale nell'edizione di Heiberg (1912), qui si farà riferimento all'edizione curata da G. Giardina (2005) con traduzione italiana e commento.

La spiegazione data dall'autore nella dedica sulle ragioni dell'opera² appare di per sé plausibile. Nessun testo scientifico, e men che mai un'opera altamente deduttiva e astratta come gli *Elementi* di Euclide, può risultare comprensibile se non si possiede un'adeguata spiegazione dei termini tecnici. Da qui scaturisce la vera domanda: perché solo allora? Perché nei secoli precedenti non se ne è sentita la necessità? Perché le spiegazioni erano assenti negli stessi testi scientifici?

Proviamo allora a chiederci in che modo sia possibile il primo accostamento da parte di un profano a una disciplina scientifica altamente astratta e formalizzata, come la matematica, e di cui si vuole intraprendere per la prima volta lo studio.

Perché ciò avvenga direttamente affrontando il testo scritto senza una precedente preparazione, è necessario che all'inizio del testo, o accanto ad esso, siano disponibili le adeguate spiegazioni che chiariscano il senso dei termini fondamentali non definiti (e non definibili). Ma il primo incontro con il testo può avvenire, più proficuamente, attraverso la mediazione di un maestro che abbia già una più o meno lunga e approfondita consuetudine con la disciplina. In questo caso è sufficiente che il testo presenti solo gli aspetti rigorosamente formali e codificati: sarà il maestro a guidare l'allievo per consentirgli di rivestirli di senso e significato.

Proviamo a immaginare, ora, una felice stagione per la ricerca scientifica, durante la quale un ben strutturato paradigma si tramandi e si riproduca attraverso un sistema di interrelazioni dirette tra scienziati e di attività d'insegnamento, intese come percorso di

² «Anche nel descrivere e tracciare per te, oh illustrissimo Dionisio, nella forma quanto più possibile concisa, i termini tecnici che stanno all'inizio degli *Elementi* di Geometria, prenderò inizio e costruirò l'intera trattazione seguendo l'insegnamento della dottrina geometrica da parte di Euclide, l'autore degli *Elementi*; ritengo infatti che in tal modo non solo avrai una chiara visione d'insieme del suo trattato ma anche della maggior parte degli altri di coloro che si sono applicati alla geometria» (Giardina 2005, pp. 173-175).

iniziazione.³ Immaginiamo poi che per qualche motivo (guerre, invasioni, sconvolgimenti politici, o altri eventi di portata epocale), le attività di formazione dei giovani subiscano un arresto per un arco di tempo sufficiente a creare un vuoto generazionale. Quale potrebbe essere l'esito? Certo i testi scientifici continuerebbero a esistere nelle biblioteche; ma chi sarebbe in grado di interpretarli e di dar loro un seguito?

Nell'impossibilità di comprendere i termini tecnici non definiti e non spiegati, qualunque persona altrimenti colta potrebbe tentare di comprenderli ricercando l'interpretazione che di essi veniva data dai filosofi di ogni tempo e di ogni scuola di pensiero. I testi divengono, così, comprensibili nella loro struttura formale, e, a partire da essi, la ricerca è nuovamente possibile, ma il paradigma entro cui sono stati originati verrebbe irrimediabilmente perduto e se una filosofia dogmatica dovesse affermarsi sulle altre, nessuna nuova concettualizzazione scientifica potrebbe emergere. Il pensiero scientifico potrebbe allora avviarsi ad una più o meno lenta, ma inesorabile, decadenza.

È forse questo che è avvenuto, a partire dal II sec. a.C. e per i secoli successivi?

3. Alla ricerca di un paradigma perduto

Nell'impossibilità di esporre per esteso le necessarie argomentazioni entro i limiti di spazio qui consentiti, mi limiterò a riassumerne, per punti, i termini essenziali, rinviando, per una trattazione più estesa, a un testo con lo stesso titolo, ma provvisorio e più esteso, disponibile in un sito dell'Università di Messina e di Academia (Migliorato 2015), oltre che ad altre pubblicazioni dell'autore.

1. In nessuno dei brevi testi con cui Archimede presenta i suoi lavori inviati ad Alessandria, si fa ricorso ad affermazioni che implicino giudizi sulla *verità* e sull'*essere* né vi sono affermazioni concernenti l'*effettività* della conoscenza. Gli argomenti richiamati a sostegno di un'ipotesi teorica, sia essa un semplice postulato geometrico o un nuovo apparato concettuale, non invocano mai ragioni di *verità* fondate su presunte evidenze di alcun genere o connesse all'*essenza* comunque conoscibile delle cose. Allo stesso tempo nessuna affermazione è reperibile, che sia volta a negare o ad avanzare dubbi sulla effettiva conoscibilità di qualcosa. Tutte le argomentazioni svolte sono invece fondate sulla fiducia che *in atto e nel passato*, è stata, è, o potrà ragionevolmente essere, anche in futuro, accordata, da parte degli esperti in materia, ai risultati otte-

³ Per il termine *paradigma*, pur facendo riferimento, almeno in senso genetico, a Kuhn (1999), l'autore, come già precisato nei precedenti lavori citati, ne fa un uso generalmente più libero e meno rigidamente legato alla teoria kuhniana delle rivoluzioni scientifiche. Per *paradigma* è qui, perciò, da intendere un sistema autoreferenziale e condiviso da una comunità di esperti, riconosciuti come tali, entro cui si possa giudicare la validità di termini, ipotesi, metodi e risultati. Esso presuppone, dunque, l'esistenza di una comunità di riferimento ben definita (coloro che sono esperti di... geometria, meccanica, astronomia, teoria musicale, ecc.) a cui si accede mediante un percorso di iniziazione sotto la guida diretta di uno o più maestri. Questo carattere è riscontrabile tutt'oggi nei percorsi formativi dei nuovi ricercatori (dottorato di ricerca, tirocinio, ecc.), ma più genericamente nella formazione scolastica e in tutti quei percorsi in cui si richiede l'assistenza di un tutor.

- nuti sulla base di quelle ipotesi e di quei sistemi concettuali (Migliorato 2013b; Gentile, Migliorato 2008; 2013).
2. Tutti i testi scientifici disponibili del terzo secolo a.C., e in modo particolare quelli di Euclide, consentono di confermare le conclusioni di cui al punto precedente (Migliorato, Gentile 2005; Migliorato 2005; 2013a).
 3. È presumibile che, indipendentemente dalle proprie convinzioni personali, gli scienziati fossero essenzialmente protesi a salvaguardare i propri risultati da ogni possibile attacco, qualunque ne fosse il segno all'interno delle dispute filosofiche. In particolare è da tenere presente che nel III sec. a.C. gli attacchi più prevedibili sarebbero stati quelli provenienti dalle scuole allora dominanti (la scuola scettica dell'Accademia di Arcesilao, la Stoa rappresentata primariamente da Crisippo, l'Epicureismo) e certamente meno dalle filosofie platoniche e aristoteliche. L'assenza, nei testi scientifici di ogni asserzione sull'essere, sulla verità e sull'effettività della conoscenza, consentiva di salvaguardare la validità dei risultati scientifici, tanto nell'ambito di una visione scettica quanto in quello di una visione dogmatica.
 4. Questo avrebbe favorito il consolidarsi di un paradigma scientifico, sicuramente rilevabile nel III sec. a.C., i cui modi, termini e contenuti venivano tramandati attraverso il rapporto diretto maestro-allievo in un percorso di iniziazione.⁴ L'interruzione di una tradizione siffatta rendeva quel paradigma irrecuperabile. I testi ora potevano essere letti solo alla luce di un'interpretazione desumibile dalle filosofie prevalenti. Su ciò si fonderebbe l'intera tradizione interpretativa, iniziata nel primo secolo d.C. e pervenuta fino ai nostri giorni.
 5. Le *definitiones* di Erone si presentano come una risposta all'esigenza di cui al punto 4. Non esistono fondati motivi per ritenere che esse si pongano come semplice commento ed esplicitazione di *definizioni* che si presumono già formulate da Euclide, come ipotizzato da G. Giardina (2005). L'autore ritiene invece fondata la tesi già formulata da L. Russo, almeno per la parte che ipotizza essere le prime sette definizioni del primo libro degli *Elementi* aggiunte postume. Ritiene anzi che analoga ipotesi possa essere avanzata anche per le definizioni 8 e 9 della stessa opera.

4. Conclusioni

Non è difficile immaginare che, ove si sia smarrito il fondamentale carattere di autoreferenzialità di un paradigma scientifico, i suoi contenuti teorici, così come essi sono formulati nel testo scritto, possono ancora essere utilizzati e accresciuti all'interno del dato sistema linguistico e concettuale. I limiti si presentano quando il problema a cui si vuol dare risposta non trova una soluzione soddisfacente all'interno del sistema linguistico-concettuale già consolidato e accettato. In questo caso, infatti, bisogna introdurre

⁴ Cfr. nota precedente.

nuovi termini e/o ampliare/modificare l'universo semantico a cui essi fanno riferimento. Ma, se questo è sempre inevitabile nella fase euristica e creativa, d'altra parte nessun nuovo apparato può assumere quei caratteri di stabilità e oggettività che sono propri della scienza, se non è tradotto e assunto all'interno di un paradigma autoreferenziale condiviso da una comunità scientifica. In assenza di una prassi autoreferenziale, la validità di ogni nuova ipotesi o di un nuovo sistema teorico-concettuale, non può trovare altro supporto, per la propria validità, se non quello dell'asserita *verità* all'interno di una visione filosofica, metafisica o teologica. In presenza di visioni filosoficamente divergenti e tra loro in opposizione dialettica, ne deriva poi l'impossibilità che una qualunque nuova ipotesi scientifica o qualunque nuovo apparato teorico divenga patrimonio condiviso e stabile. Se così stanno le cose e si accetta l'idea di un'interruzione dei paradigmi scientifici riscontrabili in età alessandrina, non può sorprendere che a partire dal tardo ellenismo e in età imperiale, pur in presenza di un'intensa e diffusa attività di ricerca da parte di scienziati di sicura e altissima levatura, non si siano più verificati progressi sul piano della creatività e della produzione di nuovi sistemi concettuali, fino al definitivo declino e all'oblio della scienza.

Di più, nelle condizioni ipotizzate, può avvenire che principi già ampiamente accettati, o in via di affermazione paradigmatica, vengano rimessi in discussione perché non se ne ravvisa il supporto filosofico o teologico, o si ritengono in contrasto con una particolare visione metafisica.

È, verosimilmente, il caso del quinto postulato di Euclide, messo in discussione a partire dal primo secolo a.C., non già rispetto al suo contenuto specifico, ma al suo ruolo nella struttura cognitiva del corpus geometrico.⁵ Potrebbe essere, e stavolta in modo più radicale, il caso del sistema cosmologico di Aristarco, mai respinto da Archimede, che se ne serviva, anzi, tutte le volte che lo riteneva comodo e opportuno⁶. Nel sistema di Tolomeo, invece, l'ipotesi eliocentrica è respinta non già sulla base di evidenze contrarie fenomenicamente riscontrabili, ma in nome di presunte e incontrovertibili verità, anche quando ciò comportava un'accresciuta e artificiosa complessità nella spiegazione dei fenomeni. Bisognerà attendere Copernico, infatti, perché il criterio della semplificazione del sistema descrittivo, prescindendo da ogni dichiarazione di verità, venga assunto a supporto di un apparato teorico in ambito cosmologico, ponendo così le basi di una rinnovata costruzione di paradigmi scientifici autonomi e autoreferenziali.

⁵ Secondo la testimonianza di Proclo, sarebbe a partire da Posidonio che si è tentato di dimostrare il contenuto del quinto postulato di Euclide, non perché non se ne condividesse la validità, ma perché non se ne ravvisavano i caratteri di evidenza e indimostrabilità come richiesto negli Analitici Secondi di Aristotele (Migliorato 2005; 2013a).

⁶ È ciò che avviene in modo esplicito nell'*Arenario* dove, tuttavia, le motivazioni della scelta sono riferite non a ragioni di natura cosmologica ma di convenienza esplicativa. Vi sono, però, buoni indizi per ritenere che lo scienziato siracusano abbia adottato il sistema di Aristarco nella progettazione del planetario di cui si trova testimonianza in Cicerone. Questi, nel riferire le spiegazioni di Sulpicio Gallo, esprime la convinzione che nessuna mente umana avrebbe potuto riprodurre, in un dispositivo meccanico, gli effetti (eclissi, allineamenti, opposizioni) riscontrabili in quella macchina, se non per ispirazione divina (Cicero, *De Repubblica*, 1,14). La conferma viene, però, da Neugebauer, avendo questi dimostrato l'effettiva impossibilità di ottenere quegli effetti, con un dispositivo del tipo descritto, se fondato su un sistema geocentrico (Migliorato 2013b, capitoli 3 e 14).

Bibliografia

- Acerbi F. (2007). *Euclide. Tutte le opere*. Milano: Bompiani.
- Cambiano G. (1989). *Scoperta e dimostrazione in Archimede*, in Dollo C. (a cura di), *Atti del convegno "Archimede. Mito, tradizione, scienza"* (Siracusa-Catania 9-12 Ottobre 1989). Firenze: Olschki, pp. 21-41.
- Duhem P. (1908). "σώζειν τὰ φαινόμενα". *Annales de Philosophie Chrétienne*, VI, pp.113-139, 277-302, 352-377, 482-514, 561-592. Edizione italiana in Duhem P. (1986). *Salvare i fenomeni: saggio sulla nozione di teoria fisica da Platone a Galileo*. Roma: Boria.
- Gentile G., Migliorato R. (2008). "Archimede platonico o aristotelico: "Tertium non datur"?" *Atti dell'Accademia Peloritana dei Pericolanti, Classe di Scienze Fisiche Matematiche e Naturali*, 86 (2, p. CIA0802009.
- Gentile G., Migliorato R. (2013). *Archimede fra tradizione e rinnovamento*, in Fregonese L., *Atti del XXXIII Convegno Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia* (Acireale, 4-7 settembre 2013) (in corso di pubblicazione).
- Giardina G. (2005). *Erone di Alessandria. Le radici filosofico matematiche della tecnologia applicata: definitions*. Catania: CeCUM.
- Heiberg J.L. (1883-88). *Euclidis Opera Omnia*. Lipsia: Aedibus Teubneri.
- Heiberg J.L. (1910-15). *Archimedis opera omnia cum commentariis Eutocii*. Voll. I-III. Lipsia: Aedibus Teubneri.
- Heiberg J.L. (1912). *Eronis Opera, IV: Definitiones cum variis collectionibus*. Lipsia: Aedibus Teubneri.
- Isnardi Parente M. (1992). *Plutarco e la matematica platonica*, in Gallo I. (a cura di), *Plutarco e le scienze*. Genova: Sagep, pp.121-145.
- Knorr W.R. (1978). "Archimedes and the Elements". *Archives for the History of Exact Sciences*, 19 (3), pp. 211-290.
- Knorr W.R. (1991). "On the Principle of Linear Perspective in Euclid's Optics". *Centaurus*, 34 (3), pp. 193-210.
- Kuhn T. (1999). *La struttura delle rivoluzioni scientifiche*. Torino: Einaudi.
- Lakoff G., Núñez R.E. (2001). *Where Mathematics Comes From: How the Embodied Mind Brings Mathematics into Being*. New York: Basic Books.
- Lloyd G.E.R. (1993). *Metodi e problemi della scienza greca*. Roma: Laterza.
- Marcacci F. (2008). *Alle origini dell'assiomatica: Gli Eleati, Aristotele, Euclide*. Roma: Aracne.
- Migliorato R. (2005). "La rivoluzione euclidea e i paradigmi scientifici nei Regni Ellemistici". *Incontri Mediterranei*, 11, pp. 3-24.
- Migliorato R. (2013a). *La ragione e il fenomeno. Itinerari epistemologici tra matematica e scienze empiriche*. Roma: Aracne.
- Migliorato R. (2013b). *Archimede. Alle radici della modernità tra storia scienza e mito*. Messina: Dipartimento di Matematica dell'Università di Messina. Free ebook ISBN: 9788896518694 [online]. URL: <<http://ww2.unime.it/alefzero/Archimede>> [data di accesso: 01/04/2016].

- Migliorato R. (2015). “Il paradigma euclideo e la sua eclissi” [online]. URL: <<http://ww2.unime.it/alefzero>>; <<https://unime.academia.edu/RenatoMigliorato>> [data di accesso: 01/04/2016].
- Migliorato R., Gentile G. (2005). “Euclid and the scientific thought in the third century B.C.”. *Ratio Mathematica*, 15, pp. 37-64.
- Netz R. (1999). *The Shaping of Deduction in Greek Mathematics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Neugebauer O. (1969). *The exact sciences in antiquity*. New York: Dover.
- Russo L. (1998). “The Definitions of Fundamental Geometric Entities Contained in Book I of Euclid's Elements”. *Archive for the History of Exact Sciences*, 52 (3), pp. 195-219.
- Sato T. (1981). “Archimedes' Lost Works on the Centers of Gravity of Solids, Plane Figures and Magnitudes”. *International Journal of the History of Science Society of Japan*, 20, pp. 1-40.
- Timpanaro Cardini M. (1978). *Proclo: Commento al I libro degli Elementi*. Pisa: Giardini.