

STUDI DI STORIA DELLA FILOSOFIA

PIERO TARANTINO*

IL PARADIGMA ASTRONOMICOMO NELLA COSTRUZIONE DELLA TEORIA ARISTOTELICA DELLA SCIENZA

1. *Gli Analitici secondi e il contesto scientifico*

Sin dall'antichità generazioni di studiosi si sono cimentati nella lettura e nell'interpretazione degli *Analitici secondi*, uno degli scritti filosoficamente più impegnativi e filologicamente più ardui della produzione aristotelica. Nel corso dei secoli si sono susseguiti commenti sistematici all'opera, a cui si sono affiancati, in tempi recenti, contributi di carattere generale sulla dottrina della scienza e numerosi saggi dedicati a chiarire specifici punti del metodo dimostrativo.

La notevole mole di pubblicazioni attinenti agli *Analitici secondi* approfondisce tuttavia in modo disomogeneo i molteplici aspetti dell'indagine epistemologica aristotelica. Per lungo tempo la teoria apodittica è stata oggetto di interesse prevalentemente per quanto attiene alla precisazione della struttura dell'argomentazione scientifica e al chiarimento del procedimento che conduce all'individuazione dei principi apodittici. Un'attenzione marginale è stata invece dedicata alla relazione tra la riflessione esposta negli *Analitici secondi* e il vivace ed altamente produttivo contesto scientifico e culturale della seconda metà del V e di tutto il IV secolo, in cui si iscrive a pieno titolo e da cui verosimilmente trae ispirazione l'impresa aristotelica.

* Sciences Po, Ecole de Droit, Paris.

Gli studi nell'ambito della storia della filosofia e nell'ambito della storia della scienza in età classica si sono parallelamente e rispettivamente contraddistinti per l'indagine sulla teoria dimostrativa di Aristotele e per la ricostruzione degli avanzamenti delle singole discipline. Il criterio storiografico seguito in entrambi i settori sembrava presupporre, talvolta in maniera anche esplicita, una sostanziale autonomia tra il modello apodittico aristotelico e i metodi effettivamente adoperati dagli studiosi dell'epoca nell'organizzazione del sapere. Nonostante il riconoscimento, spesso in linea del tutto teorica, dell'influenza della geometria accademica sul procedimento dimostrativo esposto negli *Analitici secondi*, si tralasciava l'esplorazione delle feconde relazioni tra la speculazione aristotelica e la ricchezza metodologica attestata nelle branche emergenti della ricerca scientifica.

La separazione tra un orientamento filosofico ed un orientamento scientifico ha trovato riscontro da un lato nello scarso interesse degli studiosi del pensiero aristotelico verso i procedimenti adottati nelle discipline dell'epoca e dall'altro nella svalutazione, da parte degli esperti di scienza antica, nei confronti dei testi di filosofia, presi in esame solo in quanto depositari di frammentarie tracce del lavoro scientifico. La rigida unilateralità degli approcci interpretativi ha ostacolato ogni tentativo di fornire una ricostruzione unitaria dei saperi e di rintracciare una possibile continuità tra le differenti forme in cui si esplica la riflessione scientifica classica.

Gli storici della filosofia antica hanno lungamente dibattuto sulla costruzione della teoria apodittica degli *Analitici secondi*, considerandola talvolta alla stregua di un sistema di pensiero autoreferenziale, di cui si preferiva al massimo esplorare il suo legame con l'impianto metafisico della dottrina aristotelica. Gli studiosi di scienza antica, nel tentativo di delineare il percorso che ha condotto alla formazione del metodo deduttivo giunto a compimento con la stesura degli *Elementi* di Euclide, hanno spesso tralasciato il contributo del modello apodittico aristotelico, che pure si è rivelato cruciale nella formazione dell'ideale di conoscenza scientifica, costituendo la prima teorizzazione del procedimento dimostrativo.

Solo recentemente, soprattutto nell'ambito dei lavori dedicati alle opere aristoteliche sulle scienze naturali, sono stati intrapresi alcuni tentativi miranti a sondare la relazione tra la teoria della dimostrazione e la pratica scientifica. Gli interpreti si sono proposti di verificare la possibile applicazione del procedimento degli *Analitici secondi* negli scritti aristotelici di biologia¹. In modo sorprendente sono emerse alcune contraddizioni tra

¹ Cfr. A. GOTTHELF - J.G. LENNOX (eds.), *Philosophical Issues in Aristotle's Biology*, Cambridge University Press, Cambridge 1987, pp. 65-198; W. KULLMANN - S. FÖLLINGER (hrsg.),

teoria e prassi, le quali hanno sollevato numerosi dubbi in merito alle finalità del metodo approntato da Aristotele. Sempre in questo orizzonte interpretativo ulteriori contributi sono giunti dall'assunzione degli *Elementi* di Euclide come punto di riscontro degli *Analitici secondi*². In generale, il confronto tra la dottrina e la sua verosimile adozione ha suggerito nuove soluzioni a questioni classiche dell'esegesi aristotelica e ha stimolato la revisione di tesi interpretative genericamente accolte.

Gli orientamenti recenti della storiografia aristotelica hanno così evidenziato su nuove basi la continuità della sua dottrina scientifica rispetto alle impostazioni concettuali e metodologiche delle discipline dell'epoca, favorendo un ampliamento della prospettiva interpretativa. Si è iniziato a prendere atto che, da un lato, l'approfondimento della riflessione aristotelica può favorire una più attenta ricostruzione degli approcci dimostrativi effettivamente adoperati e che, dall'altro, la considerazione dei procedimenti seguiti dagli scienziati può permettere il chiarimento di numerosi punti controversi degli *Analitici secondi*.

Il rapporto che intercorre tra la dottrina e la pratica nella scienza richiede di essere esaminato con cautela, poiché le differenze riscontrabili tra i due ambiti inducono a ritenere che l'operazione aristotelica non può essere ridotta alla semplice descrizione e rielaborazione dei modelli di fatto applicati nelle indagini particolari. Allo stesso modo la ricezione della lezione aristotelica nei singoli ambiti disciplinari non è qualificabile nei termini di una pedissequa trasposizione nella prassi scientifica dei procedimenti apodittici formulati in sede dottrinale.

Adottando un approccio contestuale ed interdisciplinare, il presente lavoro si propone di far emergere la considerazione che Aristotele nutiva verso l'astronomia e i suoi procedimenti nella costruzione della teoria della scienza. In modo opposto alla direzione interpretativa attualmente perseguita dagli studiosi, i quali si soffermano sull'applicazione dell'impostazione di Aristotele nelle discipline a lui contemporanee, l'attenzione è qui prevalentemente volta alle fasi costitutive della metodologia delineata negli *Analitici secondi*. Inspiegabilmente il contributo offerto dall'astronomia classica nella formulazione aristotelica del sapere scienti-

Aristotelische Biologie. Intentionen, Methoden, Ergebnisse, Steiner, Stuttgart 1997, pp. 63-95; G.E.R. LLOYD, *Aristotelian Explorations*, Cambridge University Press, Cambridge 1996, pp. 7-37.

² Cfr. O. HARARI, *Knowledge and Demonstration. Aristotle's "Posterior Analytics"*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht - Boston - London 2004, pp. 87-116; R.D. MCKIRAHAN, *Principles and Proofs. Aristotle's Theory of Demonstrative Science*, Princeton University Press, Princeton 1992, pp. 144-163.

fico resta tuttora non pienamente valorizzato dagli studiosi, nonostante gli sforzi compiuti per un ripensamento degli *Analitici secondi* nell'ambito degli sviluppi disciplinari coevi.

Rimane così ancora diffusa l'opinione di una influenza della geometria nella elaborazione della dottrina aristotelica della scienza, sebbene tale ipotesi sia stata negli ultimi anni seriamente messa in discussione³. Senza voler minimizzare il ruolo svolto dalla geometria classica, la quale si avviava ad essere una rigorosa scienza dimostrativa deduttivamente strutturata a partire da principi primi, appare innegabile che l'astronomia accademica si avvaleva di un procedimento maggiormente rispondente alla finalità degli *Analitici secondi*, consistente nel fornire un modello di conoscenza scientifica fruibile da qualsiasi ambito disciplinare ed in particolare dai saperi che annoverano contenuti empirici, come l'armonica, l'ottica, la meccanica e il vasto gruppo delle scienze naturali⁴. Aristotele vedeva così nei ragguardevoli conseguimenti dell'astronomia l'attuazione di una impostazione capace di rendere ragione dell'esperienza, in quanto fondata sulla interpretazione razionale delle proprietà visibili degli astri.

Aristotele trae ispirazione dal metodo astronomico nel delineare la struttura del processo scientifico ed in particolare nell'identificare i suoi due momenti costitutivi, vale a dire il «sapere che» (ἐπίστασθαι τὸ ὄτι) e il «sapere perché» (ἐπίστασθαι τὸ διότι). La prima forma circoscrive una conoscenza ordinaria, limitata alla constatazione di qualcosa; la seconda si riferisce ad una conoscenza autenticamente scientifica, contraddistinta dalla comprensione di qualcosa, che accade con necessità, sulla base della sua

³ Cfr. J. BARNES, *Aristotle's Theory of Demonstration*, in J. BARNES - M. SCHOFIELD - R. SORABJI, *Articles on Aristotle*, Vol. I, *Science*, Duckworth, London 1975, pp. 64-87, orig. pubbl. in «Phronesis», 14 (1969), pp. 123-152; W. KULLMANN, *Die Funktion der mathematischen Beispiele in Aristoteles' Analytica Posteriora*, in E. BERTI (ed.), *Aristotle on Science. The Posterior Analytics (Proceedings of the Eighth Symposium Aristotelicum)*, Antenore, Padova 1981, pp. 245-270.

⁴ L'astronomia non si poneva in alternativa o in antitesi alla geometria, della quale costituiva propriamente uno dei principali campi di applicazione. Non a caso la prima testimonianza completa dell'adozione di un modello scientifico deduttivo nell'ambito delle matematiche è rappresentata dai due scritti di Autolico di Pitane, intitolati *Sul moto della sfera* e *Il sorgere e il tramontare*, risalenti verosimilmente alla seconda metà del IV secolo (AUTOLYCOS DE PITANE, *La sphère en mouvement. Levers et couchers héliaques. Testimonia*, texte établi et traduit par G. Aujac avec la collaboration de J.-P. Brunet et R. Nadal, Les Belles Lettres, Paris 1979). L'attenzione che Aristotele rivolgeva alle cosiddette 'scienze applicate' ed in particolare all'astronomia non poteva dunque prescindere dalla considerazione delle scienze matematiche pure ed in special modo della geometria. Su questo tema si rinvia a J. OWENS, *The Aristotelian Conception of the Pure and Applied Sciences*, in A.C. BOWEN (ed.), *Science and Philosophy in Classical Greece*, Garland Publ., New York 1991, pp. 31-42.

ragione, cioè del principio che lo determina⁵. Il sapere scientifico si caratterizza dunque come esplicitativo e necessario e si identifica sul piano logico con la dimostrazione, vale a dire con una struttura argomentativa rispondente a precisi requisiti, dai quali si discosta il sapere ordinario⁶.

La trattazione della conoscenza scientifica negli *Analitici secondi* non prescinde da una riflessione sull'intero ambito gnoseologico. La scienza non è esaustiva del sapere nel suo complesso, ma si pone come momento conclusivo del più generale processo di acquisizione di una proprietà del reale. La conoscenza appare così strutturata in fasi che non possono essere inglobate nel livello cognitivo identificabile con la scienza. La definizione di un nuovo paradigma scientifico presuppone pertanto la fruizione di un livello ordinario di conoscenza, la cui specificità necessita di essere tenuta presente al fine di una comprensione globale del sapere nelle sue singole divisioni. La nozione di scienza dimostrativa non comporta l'accorpamento o l'annullamento del sapere ordinario, che al contrario mantiene una sua precisa identità in qualità di premessa necessaria al conseguimento di uno stadio superiore della conoscenza. Lungi dall'essere un tipo residuale di sapere, la conoscenza del che si rivela strategica nella costruzione della dimostrazione, in quanto fornisce i contenuti su cui si fonda la conoscenza autenticamente scientifica.

«Sapere che» e «sapere perché» identificano ambiti che, pur essendo alternativi ed irriducibili, non sono in opposizione, ma appaiono legati da una strutturale complementarità che costituisce l'intelaiatura del discorso scientifico aristotelico. La conoscenza del che e la conoscenza del perché corrispondono ai due livelli gnoseologici che sostanzialmente caratterizzano il processo scientifico: «ma quando sappiamo il che, cerchiamo il perché: per esempio, sapendo che il sole si eclissa e che la terra subisce terremoti, cerchiamo perché si eclissa e perché li subisce»⁷. L'istituzione, da parte di Aristotele, di una connessione tra sapere fattuale e sapere dimostrativo, seppure attualmente riconosciuta dai commentatori, non sembra essere stata

⁵ Aristotele esamina la relazione tra «sapere che» (ἐπίστασθαι τὸ ὅτι) e «sapere perché» (ἐπίστασθαι τὸ διότι) all'interno di unica scienza in *APo.* A 13, 78 a23-b31 e in riferimento a due discipline in *APo.* A 13, 78 b32-79 a16. Un primo riferimento alla questione si trova in *APo.* A 6, 75 a12-17; 75 a34-35. La distinzione tra i livelli conoscitivi designati ὅτι e διότι è frequentemente accennata ed esemplificata nel corso degli *Analitici secondi*.

⁶ *Ibi*, A 2, 71 b9-25.

⁷ *Ibi*, B 1, 89 b29-31: ὅταν δὲ εἰδῶμεν τὸ ὅτι, τὸ διότι ζητοῦμεν, οἷον εἰδότες ὅτι ἐκλείπει καὶ ὅτι κινεῖται ἡ γῆ, τὸ διότι ἐκλείπει ἢ διότι κινεῖται ζητοῦμεν. Si veda anche *APo.* B 10, 93 b32: ὅπερ ἔχοντες ὅτι ἔστι, ζητοῦμεν διὰ τί ἔστιν («Se possediamo che esso è, cerchiamo perché è»). I passi, in versione italiana, degli *Analitici secondi* inseriti nel presente contributo sono tratti da Id., *Analitici secondi. Organon IV*, a cura di M. Miguccio, Laterza, Roma-Bari 2007.

approfondita nei presupposti. L'esplorazione della relazione tra il modello astronomico e la riflessione metodologica aristotelica sembra colmare tale lacuna, offrendo un punto di vista privilegiato per ripensare la teoria della scienza degli *Analitici secondi* nei suoi fondamenti dottrinali e nei suoi risvolti applicativi.

2. Lo statuto epistemologico dell'astronomia negli *Analitici secondi*

La presentazione dell'astronomia negli *Analitici secondi* si colloca nella più ampia trattazione di alcune discipline, come l'ottica, la meccanica e l'armonica, le quali sono subalterne alle scienze matematiche pure, in quanto si avvalgono dei principi dell'aritmetica o della geometria nella dimostrazione dei propri contenuti disciplinari⁸. La relazione gerarchica che sussiste tra due ambiti del sapere è illustrata da Aristotele attraverso la distinzione tra la conoscenza del che (ὅτι) e la conoscenza del perché (διότι): la constatazione e la spiegazione di un medesimo stato di cose spettano talvolta a due scienze distinte, che si pongono l'una in subordinazione all'altra⁹. In *APo.* A 13, 78 b34-39 Aristotele collega l'ottica alla geometria, l'armonica all'aritmetica, la meccanica alla stereometria o geometria solida e l'astronomia osservativa (τὰ φαινόμενα) all'astronomia (ἀστρολογική)¹⁰:

ἄλλον δὲ τρόπον διαφέρει τὸ διότι τοῦ ὅτι τῷ δι' ἄλλης ἐπιστήμης ἐκάτερον θεωρεῖν. τοιαῦτα δ' ἐστὶν ὅσα οὕτως ἔχει πρὸς ἄλληλα ὥστ' εἶναι θάτερον ὑπὸ θάτερον, οἷον τὰ ὀπτικά πρὸς γεωμετρίαν καὶ τὰ μηχανικά πρὸς στερεομετρίαν καὶ τὰ ἀρμονικά πρὸς ἀριθμητικὴν καὶ τὰ φαινόμενα πρὸς ἀστρολογικὴν.

⁸ Il tema delle scienze subordinate negli *Analitici secondi* è brevemente trattato nei capitoli A 7 e A 9 ed è ampiamente affrontato nella seconda parte di A 13 (78 b32-79 a16). Per un approfondimento della questione si rinvia a E. BERTI, *L'unità del sapere in Aristotele*, Cedam, Padova 1965, pp. 18-31; R.D. MCKIRAHAN, *Aristotle's Subordinate Sciences*, «British Journal for the Philosophy of Science», 11 (1978), pp. 197-220; P. TARANTINO, *La trattazione aristotelica delle scienze subordinate negli "Analitici secondi"*, «Rivista di storia della filosofia», 3 (2012), pp. 445-470.

⁹ ARISTOTELE, *APo.* A 9, 76 a10-13; A 13, 78 b34-35.

¹⁰ La seconda parte del capitolo A 13 negli *Analitici secondi* è commentata in *Aristotle's Prior and Posterior Analytics*, a revised text with introduction and commentary by W.D. Ross, Clarendon Press, Oxford 1949, pp. 554-556; ARISTOTLE, *Posterior Analytics*, translated with a commentary by J. Barnes, Oxford, Clarendon Press 1994, pp. 158-162; ARISTOTELES, *Analytica posteriora*, übersetzt und erläutert von W. Detel, zweiter Halbband, Akademie Verlag, Berlin 1993, pp. 281-282, 301-309; M. MIGNUCCI, *L'argomentazione dimostrativa in Aristotele. Commento agli Analitici secondi*, Antenore, Padova 1975, pp. 314-324; ARISTOTELE, *Analitici secondi*, pp. 198-199.

In un altro modo differisce il perché dal che nella misura in cui si considera ciascuno dei due secondo una scienza diversa. Tali sono quelle cose che sono in una relazione tale per cui una è sotto l'altra, come per esempio le cose di ottica rispetto alla geometria, quelle di meccanica rispetto alla stereometria, quelle di armonica rispetto all'aritmetica e quelle di astronomia osservativa rispetto all'astronomia¹¹.

L'astronomia è collocata tra le discipline sovraordinate, insieme ad aritmetica, geometria piana e stereometria, pur distinguendosi da esse in quanto non appartenente alle scienze matematiche pure. L'aritmetica, la geometria piana e la stereometria svolgono indagini su enti immateriali, mentre l'astronomia assume come oggetto di ricerca i corpi celesti, cioè sostanze eterne aventi natura sensibile¹². L'astronomia ha dunque un carattere fisico, poiché considera le proprietà delle figure geometriche e dei volumi in quanto corrispondenti alle distanze tra gli astri, alle traiettorie dei moti planetari, alle forme e alle dimensioni dei corpi celesti¹³.

Ottica, armonica ed astronomia svolgono indagini su enti aventi carattere materiale e non a caso sono designate da Aristotele come le discipline più fisiche nell'ambito delle scienze matematiche (φυσικώτερα τῶν μαθημάτων)¹⁴. La divisione dei saperi, presentata in *APo.* A 13, si costituisce però in maniera difforme ed alternativa rispetto ad una visione tradizionale dei rapporti disciplinari. L'astronomia non solo non è assimilata all'ottica e all'armonica, ma è inserita in una posizione prioritaria rispetto ad esse, situandosi allo stesso rango dell'aritmetica e della geometria.

L'astronomia è posta in relazione con un tipo di sapere denominato τὰ φαινόμενα, vocabolo adottato per identificare in generale i dati sensibili e nel particolare contesto astronomico «i fenomeni celesti», cioè le proprietà

¹¹ ARISTOTELE, *APo.* A 13, 78 b34-39.

¹² Id., *Metaph.* Λ 8, 1073 b3-8.

¹³ Id., *Phys.* B 2, 193 b22-30. Sulla natura matematica della fisica aristotelica cfr. E. HUSSEY, *Aristotle's Mathematical Physics: A Reconstruction*, in L. JUDSON (ed.), *Aristotle's "Physics": A Collection of Essays*, Clarendon Press, Oxford 1991.

¹⁴ ARISTOTELE, *Phys.* B 2, 194 a7-12 ed anche B 2, 194 a12-27. La trattazione delle scienze subordinate nella *Fisica* è approfondita in J. JOPE, *Subordinate Demonstrative Science in the Sixth Book of Aristotle's «Physics»*, «Classical Quarterly», 22 (1972), pp. 279-292. L'astronomia è presupposta come subordinata alle scienze matematiche pure in ARISTOTELE, *Cael.* B 14, 297 a2-6, secondo quanto riconosciuto da L.J. ELDERS, *Aristotle's Cosmology. A Commentary on the De Caelo*, van Gorcum, Assen 1966, pp. 260-261. Anche Platone in *Resp.* Z 527 d1-530 c5 fa dipendere l'astronomia dalla geometria. Maggiori informazioni sullo statuto dell'astronomia nella *Repubblica* sono fornite in F.F. REPELLINI, *Astronomia e armonica*, in PLATONE, *La Repubblica*, traduzione e commento a cura di M. Vegetti, vol. V, Bibliopolis, Napoli 2003, pp. 541-563.

attinenti agli astri, reperite attraverso osservazione diretta o indiretta¹⁵. Analogamente al caso dell'ottica e della geometria, dell'armonica e dell'aritmetica, della meccanica e della stereometria, τὰ φαινόμενα e ἀστρολογικὴ corrispondono in maniera attendibile rispettivamente al settore empirico e al settore matematico del medesimo campo di indagine: la prima disciplina è volta alla collezione e alla enumerazione delle caratteristiche, apprese mediante la sensibilità, riguardanti gli astri; la seconda disciplina si occupa della spiegazione delle proprietà precedentemente constatate. Si può così supporre a titolo esemplificativo che la branca osservativa dell'astronomia rilevi una specifica proprietà riguardante la luna, quale l'eclissi, di cui la branca matematica dell'astronomia si preoccupa di rendere ragione mediante l'applicazione di principi di natura geometrica.

Il collegamento tra i due ambiti dell'astronomia, identificabili in linea generale come «sapere che» e «sapere perché», è ribadito da Aristotele mediante l'individuazione di una più ampia area disciplinare nella quale essi possono essere compresi ed articolati:

σχεδὸν δὲ συνώνυμοί εἰσιν ἔναι τούτων τῶν ἐπιστημῶν, οἷον ἀστρολογία ἢ τε μαθηματικὴ καὶ ἢ ναυτικὴ, καὶ ἀρμονικὴ ἢ τε μαθηματικὴ καὶ ἢ κατὰ τὴν ἀκοή. ἐνταῦθα γὰρ τὸ μὲν ὅτι τῶν αἰσθητικῶν εἰδέναι, τὸ δὲ διότι τῶν μαθηματικῶν· οὗτοι γὰρ ἔχουσι τῶν αἰτίων τὰς ἀποδείξεις, καὶ πολλάκις οὐκ ἴσασι τὸ ὅτι, καθάπερ οἱ τὸ καθόλου θεωροῦντες πολλάκις ἔναι τῶν καθ' ἕκαστον οὐκ ἴσασι δι' ἀνεπισκεψίαν.

Alcune di queste scienze sono pressoché sinonime; per esempio sono astronomia sia l'astronomia matematica sia quella nautica e sono armonica sia quella matematica sia quella acustica. In questi casi spetta agli osservatori sapere il che, mentre il perché spetta ai matematici. Questi ultimi infatti possiedono le dimostrazioni delle ragioni e spesso non conoscono il che, così come coloro che considerano l'universale spesso non conoscono alcuni dei singolari per mancanza di osservazione¹⁶.

L'astronomia nautica (ἀστρολογία ναυτικὴ) e l'astronomia matematica (ἀστρολογία μαθηματικὴ) sono «discipline quasi sinonime», in quanto condividono il nome e il significato del termine «astronomia»

¹⁵ Cfr. LSJ s.v.; BONITZ 809 a24-b7; G.E.L. OWEN, *Tithenai ta phainomena*, in S. MANSION (éd.), *Aristote et les problèmes de méthode*, Publications universitaires de Louvain, Louvain - Paris 1961, pp. 83-103, ristampato in J.M.E. MORAVCSIK, *Aristotle: A Collection of Critical Essays*, Doubleday, Garden City - N.Y. 1967, pp. 167-190 e in BARNES - SCHOFIELD - SORABJI, *Science*, pp. 113-126; *Aristotle's Prior and Posterior Analytics*, p. 554.

¹⁶ ARISTOTELE, *APo.* A 13, 78 b39-79 a6.

(ἀστρολογία)¹⁷. Entrambe le branche indagano, sebbene da prospettive differenti, lo stesso oggetto, cioè le sfere celesti, che identifica l'ambito di operatività dell'astronomia in generale. L'ἀστρολογία ναυτική si riferisce verosimilmente alle rilevazioni delle proprietà degli astri, le quali sono raccolte ai fini pratici della navigazione¹⁸. La collaborazione tra la sezione empirica e la sezione matematica dell'astronomia si concretizza nell'assolvimento di funzioni complementari attinenti allo studio delle caratteristiche di un medesimo oggetto: le variazioni visibili delle traiettorie astrali sono registrate dall'astronomia nautica ed interpretate in modo rigoroso dall'astronomia matematica.

La relazione tra ἀστρολογία ναυτική e ἀστρολογία μαθηματική appare simmetrica alla relazione precedentemente proposta tra τὰ φαινόμενα e ἀστρολογική. Entrambe si costituiscono sulla base del criterio della distinzione e della connessione tra ὄτι e διότι, cioè tra la percezione di un evento e l'individuazione della sua ragione. La caratterizzazione dell'ἀστρολογία come μαθηματική specifica il carattere dei principi di cui si avvale la scienza astronomica nella spiegazione delle proprietà celesti. La natura matematica della branca sovraordinata dell'astronomia restava implicita nella prima partizione e poteva essere individuata solo in virtù dell'analogia, posta da Aristotele, tra la disciplina e le scienze matematiche pure, in qualità di saperi διότι.

L'introduzione della ἀστρολογία ναυτική appare riduttiva rispetto alla disciplina denominata τὰ φαινόμενα, dal momento che quest'ultima comprende un ambito fenomenico non limitato esclusivamente alle rilevazioni empiriche dei naviganti, ma inteso a raccogliere l'insieme delle percezioni astrali. Il riferimento all'astronomia nautica, sebbene essa possa essere inserita nella più generale astronomia osservativa, è tuttavia maggiormente pertinente alla presentazione delle scienze quasi sinonime. Aristotele può con maggiore chiarezza evidenziare, in riferimento alle indagini sugli astri, un collegamento tra una sezione empirica e una sezione matematica, dal momento che esse sono accomunate dalla condivisione della denominazione di ἀστρολογία. La ἀστρολογία ναυτική rappresenta così un adeguato termine di paragone con la ἀστρολογία μαθηματική, più efficace rispetto al generico τὰ φαινόμενα nel manifestare la corrispondenza tra la parte osser-

¹⁷ Il concetto di sinonimia è definito da Aristotele in *Cat.* 1, 1 a6-7: «si dicono sinonimi quegli oggetti, che hanno tanto il nome in comune quanto il medesimo discorso definitorio». La versione in italiano del passo è tratta da Id., *Organon*, a cura di G. Colli, Adelphi, Milano 2003.

¹⁸ Cfr. LSJ s.v.; ARISTOTLE, *Posterior Analytics*, p. 161; ARISTOTELES, *Analytica posteriora*, pp. 302-303; MIGNUCCI, *L'argomentazione dimostrativa in Aristotele*, pp. 315-316; *Aristotle's Prior and Posterior Analytics*, p. 555.

vativa e la parte matematica di una più ampia area di indagine, circoscritta da un preciso oggetto, cioè i movimenti degli astri.

Aristotele rintraccia un medesimo rapporto di sinonimia tra l'armonica matematica (ἀρμονική μαθηματική) e l'armonica acustica (ἀρμονική κατὰ τὴν ἀκοίην), chiaramente legate dal nome «armonica» (ἀρμονική). Analogamente al caso dell'astronomia, le due branche dell'armonica non si distinguerebbero in base all'oggetto di studio, costituito dalla melodia, ma in virtù della considerazione a cui esso sarebbe sottoposto: l'armonica acustica registra le caratteristiche della melodia percepita dall'udito, l'armonica matematica comprende i principi aritmetici attraverso cui si costituisce la melodia. Il rapporto che Aristotele istituisce tra il settore empirico e il settore matematico inerenti ad un medesimo genere non è dunque limitato alla semplice comunanza della denominazione, come accade nel caso della omonimia¹⁹, ma appare volto all'identificazione di un'area del sapere in cui le due diverse prospettive di indagine, in linea generale riconducibili alla distinzione tra ὄτι e διότι, non corrispondono a discipline separate e irrelate, ma coesistono e cooperano nella comprensione di specifici aspetti del reale.

La collaborazione tra una branca aritmetica e una branca empirica nell'ambito di un'area condivisa, identificabile come astronomia o armonica, permette di formulare una nuova divisione dei saperi, secondo un criterio che tende a valorizzare la continuità tra approcci pratici e teorici: la conoscenza del che e la conoscenza del perché di un medesimo fenomeno non sono affidate a settori nettamente distinti. L'astronomia e l'armonica si costituiscono nelle intenzioni aristoteliche come forme di sapere bivalenti, volte alla spiegazione, mediante nozioni rispettivamente geometriche e aritmetiche, delle osservazioni degli astri nel primo caso e delle percezioni uditive nel secondo.

Il criterio della connessione tra conoscenza fenomenica (ὄτι) e sapere razionale (διότι) permette di rimodulare la tradizionale concezione dei rapporti tra le discipline, le quali si dispongono secondo un livello empirico ed un livello esplicativo. Diventa così possibile supporre una correlazione tra una sezione empirica e una sezione matematica anche nel caso dei restanti saperi subalterni, cioè la meccanica e l'ottica. Aristotele stesso sembra muoversi in questa direzione nel momento in cui distingue e collega l'ottica semplicemente (ὀπτικός ἀπλῶς) o l'ottica matematica (ὀπτικός κατὰ τὸ μάθημα) alla teoria dell'arcobaleno (τὸ περὶ τῆς ἵριδος):

¹⁹ Il concetto di omonimia è definito da Aristotele in *Cat.* 1, 1 a1-3: «Omonimi si dicono quegli oggetti, che possiedono in comune il nome soltanto, mentre hanno differenti discorsi definitivi, applicati a tale nome». La versione in italiano del passo è tratta da ARISTOTELE, *Organon*.

alla prima branca spetta lo studio delle linee geometriche in quanto raggi visivi, alla seconda è affidata l'osservazione dei fenomeni percettivi²⁰.

La teorizzazione aristotelica del procedimento astronomico sembra rispecchiare in modo plausibile l'impostazione metodologica adottata dagli studiosi tra la seconda metà del V e il IV secolo. Eudosso di Cnido in particolare, come è evidente nell'elaborazione del suo sistema delle sfere omocentriche, contribuì in modo significativo ad una riformulazione dell'approccio metodologico in astronomia, mettendo in discussione l'antitesi tra esperienza e ragionamento e valorizzando le attestazioni empiriche nella spiegazione delle proprietà celesti²¹. Eudosso prese così le distanze dall'impostazione inizialmente adottata nelle indagini astronomiche, le quali si caratterizzavano per una grande attenzione alla formulazione di modelli geometrici che descrivevano il moto degli astri, trascurando le apparenze fisiche visibili, spesso notevolmente discordanti dai resoconti teorici.

Sebbene la matematizzazione dei fenomeni astronomici comportasse rilevanti difficoltà, che derivavano soprattutto dalle irregolarità e dalla dinamicità del moto degli astri, gli studiosi tentarono, almeno in linea teorica, di fornire interpretazioni che fossero il più possibile coerenti con l'esperienza. I problemi posti dall'osservazione erano così ridimensionati, al fine di favorire una sempre maggiore compatibilità tra le conclusioni dimostrative e le attestazioni fornite dall'esperienza²². Aristotele sembra condividere i presupposti dell'astronomia di Eudosso e dei suoi contemporanei, tra cui Callippo, i quali introdussero variazioni all'impianto teorico per garantirne una più efficace aderenza ai dati empirici²³. Il proposito di «salvare i fenomeni» prendeva forma nel tentativo di rendere ragione

²⁰ Id., *APo.* A 13, 79 a10-13.

²¹ La ricostruzione del modello delle sfere omocentriche di Eudosso è stata fornita da SIMPLICIO, in *Cael.*, p. 492 Heiberg. Il testo è riprodotto in F. LASSERRE (hrsg.), *Die Fragmente des Eudoxos von Knidos*, de Gruyter, Berlin 1966, pp. 67-73.

²² Un esempio di corrispondenza tra dati osservativi e modello teorico è contenuto in ARISTOTELE, *Cael.* B 14, 297 a2-6. Ne *Il cielo* Aristotele adotta un approccio metodologico fondato sulla distinzione e sulla cooperazione tra «sapere che» e «sapere perché», cioè tra la constatazione empirica e la spiegazione razionale di un fenomeno, come evidenziato in ARISTOTELES, *Über den Himmel*, übersetzt und erläutert von A. Jori, Akademie Verlag, Berlin 2009, pp. 316-332.

²³ Id., *Metaph.* A 8, 1073 b32-1074 a12. La considerazione aristotelica delle apparenze sensibili è stata approfondita in R. BOLTON, *Definition and Scientific Method in Aristotle's "Posterior Analytics" and "Generation of Animals"*, in GOTTHELF - LENNOX, *Philosophical Issues in Aristotle's Biology*, pp. 120-166; M.C. NUSSBAUM, *Saving Aristotle's appearances*, in M. SCHOFIELD - M.C. NUSSBAUM (eds.), *Language and Logos. Studies in ancient Greek philosophy presented to G.E.L. Owen*, Cambridge University Press, Cambridge 1982, pp. 267-293.

delle caratteristiche astrali percepibili dall'osservatore, riconducendole agli appropriati principi di natura matematica²⁴.

L'astronomia mostrava nel IV secolo, in confronto alle altre discipline fisiche, un notevole livello di avanzamento sia sul piano dei contenuti sia sul piano metodologico. Non a caso lo statuto epistemologico teorizzato da Aristotele per le scienze subordinate non sembra trovare effettivo riscontro nel modo di procedere dell'armonica, della meccanica e dell'ottica a lui contemporanee. La connessione tra esperienza e razionalità, su cui si basa l'impostazione aristotelica, appare essenzialmente estranea alle discipline dell'epoca ad eccezione dell'astronomia²⁵.

L'armonica classica per esempio, pur nella varietà delle diverse correnti che la caratterizzarono, appare chiaramente divisa in due tradizioni, una matematica e l'altra empirica, facenti capo rispettivamente ai Pitagorici e a Platone da una parte e agli Armonici dall'altra. I Pitagorici, gli unici a gode-

²⁴ Ampie ricostruzioni degli sviluppi dell'astronomia greca, con particolare attenzione al periodo classico, sono fornite da D.R. DICKS, *Early Greek Astronomy to Aristotle*, Cornell University Press, Ithaca (N.Y.) 1970, pp. 62-219; F. HEGLMEIER, *Die griechische Astronomie zur Zeit des Aristoteles. Ein neuer Ansatz zu den Sphärenmodellen des Eudoxos und des Kallippos*, Wissenschaftlicher Verlag Trier, Trier 1996 (*Antike Naturwissenschaft und ihre Rezeption*, 6), pp. 51-71; G.E.R. LLOYD, *Early Greek Science. Thales to Aristotle*, Chatto and Windus, London 1970; tr. it. di A. Salvadori - L. Libutti, *La scienza dei Greci*, Laterza, Roma - Bari 1978, pp. 79-96; Id., *Methods and Problems in Greek Science*, Cambridge University Press, Cambridge 1991, pp. 141-163, 248-277; tr. it. di F. Aronadio - E. Spinelli, *Metodi e problemi della scienza greca*, Laterza, Roma - Bari 1993, pp. 243-280, 425-475. Più in generale sull'astronomia nell'antichità si veda ARISTOTELES, *Über den Himmel*, pp. 260-316; F.F. REPELLINI, *Cosmologie greche*, Loescher, Torino 1980; O. NEUGEBAUER, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, 3 voll., Springer, Berlin - Heidelberg - New York 1975; B.L. VAN DER WAERDEN, *Die Astronomie der Griechen*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1988; K. VON FRITZ, *Grundprobleme der Geschichte der antiken Wissenschaft*, de Gruyter, Berlin - New York 1971, pp. 132-197. Il principio del «salvare i fenomeni» nell'astronomia antica è stato approfondito da M. CARRIER, *Die Rettung der Phänomene. Zu den Wandlungen eines antiken Forschungsprinzips*, in G. WOLTERS - M. CARRIER (hrsg.), *Homo Sapiens und Homo Faber*, de Gruyter, Berlin - New York 2005, pp. 25-38; F.F. REPELLINI, *Platone e la salvezza dei fenomeni*, «Rivista di storia della filosofia», 44 (1989), pp. 419-442; J. MITTELSTRASS, *Die Rettung der Phänomene. Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips*, de Gruyter, Berlin - New York 1962; L. ZHMUD, «Saving the phenomena» between Eudoxus and Eudemos, in WOLTERS - CARRIER, *Homo Sapiens und Homo Faber*, pp. 17-24; Id., *The Origin of the History of Science in Classical Antiquity*, de Gruyter, Berlin - New York 2006, pp. 267-276.

²⁵ Lo stato delle nostre conoscenze dell'ottica e della meccanica all'epoca di Aristotele è estremamente frammentario. I principali contributi in entrambi i campi sono ascritti ad Archita, il quale fornì prime e significative trattazioni matematiche ad essi inerenti. Cfr. C.A. HUFFMAN, *Archytas of Tarentum. Pythagorean, Philosopher and Mathematician King*, Cambridge University Press, Cambridge 2005, pp. 76-83, 550-569.

re di credibilità sul piano scientifico, tralasciavano del tutto i suoni concretamente percepibili e spiegavano gli intervalli musicali sulla base di rapporti numerici, che rendevano conto della perfezione della melodia. Gli Armonici invece si soffermavano esclusivamente sul carattere acustico, concretamente udibile, della melodia e si avvalevano delle nozioni acquisite per scopi puramente tecnici quali la produzione di suoni consonanti mediante strumenti e la composizione musicale²⁶.

In generale i fenomeni tendevano ad essere del tutto trascurati e relegati a mere constatazioni prive di scientificità. La percezione della consonanza tra alcuni suoni per esempio non forniva alcun contributo ai fini della comprensione della melodia. I fenomeni tuttavia, sebbene non fossero tenuti in considerazione dalla ristretta comunità scientifica, erano comunque annotati e collezionati soprattutto per fini pratici, come attestato dall'esistenza di forme empiriche di sapere quali l'astronomia osservativa, l'astronomia nautica, l'armonica acustica e la teoria dell'arcobaleno²⁷.

Nonostante l'esistenza di una difficilmente sanabile frattura tra l'approccio empirico e l'approccio matematico, Aristotele si propone di istituire una connessione tra rami del sapere legati dalla condivisione dell'oggetto di ricerca, ripensando complessivamente l'organizzazione vigente delle scienze. Il criterio del collegamento tra conoscenza del che e conoscenza del perché permette di ridefinire i rapporti disciplinari secondo un indirizzo di pensiero sostanzialmente estraneo all'armonica, alla meccanica e all'ottica dell'epoca. Le indagini empiriche e teoriche, pur competendo ad esperti di formazione ed orientamento differenti, sono associate da Aristotele in virtù di una possibile convergenza, resa possibile dall'intento di fornire una interpretazione razionale delle attestazioni sensibili.

²⁶ Un'ampia e dettagliata presentazione delle scuole e degli indirizzi di pensiero nell'armonica greca classica è fornita da A. BARKER, *The Science of Harmonics in Classical Greece*, Cambridge University Press, Cambridge 2007, la cui ricostruzione è fondamentalmente condotta attraverso la distinzione tra due approcci denominati "armonica empirica" e "armonica matematica". In quest'ultima tradizione, a cui appartengono Filolao, Archita, Platone ed Euclide, Barker colloca Aristotele (pp. 328-363). Nell'esaminare la trattazione dell'armonica negli *Analitici secondi* Barker (pp. 353-363) precisa però il tentativo aristotelico di istituire una relazione coerente tra armonica empirica e armonica matematica nell'ambito della teoria della dimostrazione. Per un approfondimento del carattere antiempirico dell'impostazione teorica fornita da Platone all'armonica ne *La Repubblica* si rimanda al saggio di A. MERIANI, *Teoria musicale e antiempirismo*, in PLATONE, *La Repubblica*, pp. 565-602, in cui si trova anche una ricostruzione dei principali orientamenti nell'ambito degli studi musicali dell'epoca.

²⁷ L'attenzione rivolta all'esperienza in astronomia è anche documentata indirettamente dall'esistenza di un'opera denominata *Tà φαινόμενα*, attribuita ad Eudosso di Cnido.

La cooperazione tra esperienza e teoria costituisce il criterio metodologico riscontrabile nell'astronomia del IV secolo ed adottato nella trattazione dei saperi subalterni negli *Analitici secondi*. La formulazione della distinzione e del collegamento tra sapere che e sapere perché sembra porsi in modo attendibile come una generalizzazione del procedimento astronomico, che si fondava sostanzialmente sulla dimostrazione, mediante l'intervento di proposizioni geometriche, delle variazioni astrali osservabili, accuratamente collezionate. La raccolta e la selezione del materiale empirico precedeva la sua sistemazione secondo oggettive e rigorose connessioni esplicative, i cui fondamenti erano rintracciati in principi matematici.

Il modello scientifico articolato nelle fasi ὄτι e διότι appare facilmente esportabile anche in altri campi del sapere che, analogamente all'astronomia, condividono il carattere fisico del proprio oggetto di indagine. Discipline come l'armonica, l'ottica e la meccanica si pongono pertanto come campi idonei all'applicazione di un procedimento finalizzato principalmente a recuperare l'esperienza in seno alla scienza. L'individuazione dell'appropriato principio esplicativo garantisce l'intelligibilità del fenomeno e quindi la sua considerazione scientifica. I saperi subordinati possono così essere ammessi a pieno titolo nell'ambito della scienza, dal momento che esso non è più identificato dalla purezza dell'oggetto di indagine, ma dalla capacità di rendere ragione dei propri contenuti, anche qualora essi siano acquisiti per via empirica.

3. *La generalizzazione e l'applicazione del procedimento astronomico*

Nel delineare lo statuto delle discipline subordinate alle scienze matematiche pure Aristotele adotta le categorie «sapere che» e «sapere perché» per identificare rispettivamente i settori pratici ed i settori teorici afferenti allo studio di un medesimo oggetto. Astronomia, armonica, ottica e meccanica ricorrerebbero a principi appartenenti all'aritmetica e alla geometria nella spiegazione delle attestazioni sensibili. La continuità tra «sapere che» e «sapere perché» è così ravvisabile nell'istituzione di un nesso di tipo esplicativo tra le apparenze sensibili e i principi matematici.

Aristotele contribuisce a circoscrivere e a definire un livello cognitivo superiore, la cui fruizione non è più prerogativa esclusiva della matematica. Gli *Analitici secondi* veicolano un nuovo paradigma di sapere, alla cui assimilazione potevano aspirare anche le discipline che annoverano contenuti empirici. L'attenzione di Aristotele sembra rivolgersi proprio agli ambiti di ricerca che necessitavano di una organizzazione sistematica delle nozioni acquisite tramite i sensi. Nell'operazione di definizione del sapere emerge così per la prima volta

l'esigenza di avallare sul piano scientifico la trattazione dell'esperienza.

La caratterizzazione aristotelica del discorso scientifico negli *Analitici secondi* mostra una precisa rispondenza al procedimento dell'astronomia classica, la quale si contraddistingueva, rispetto alle discipline coeve, sia per una crescente attenzione verso i contenuti appresi attraverso la sensibilità sia per la ricerca di una sempre più stretta conformità della teoria rispetto a quanto attestato dall'esperienza. L'astronomia rappresentava un concreto esempio di ricomposizione tra percezione e dimostrazione, tra ὄτι e διότι. La geometria al contrario, pur ponendosi come prototipo di scienza dimostrativa, difficilmente poteva fornire un modello per le discipline empiriche a causa del carattere astratto e immateriale dei suoi enti.

Nell'astronomia l'esperienza non si pone in modo alternativo al sapere scientifico, in quanto fornisce i contenuti successivamente interpretati dal ricercatore mediante riconduzione ai rispettivi fondamenti. Le determinazioni sensibili non sono così respinte, ma trovano adeguata collocazione nell'organizzazione deduttiva della disciplina, all'interno della quale essi si pongono legittimamente come parti del sistema scientifico. Nello studio delle proprietà fisiche l'applicazione del paradigma astronomico, fondato sul collegamento tra esperienza e dimostrazione, risulta maggiormente adeguato ed efficace rispetto alla geometria, la quale assume come oggetto di indagine entità razionali universali, prive di qualsiasi carattere sensibile. La riflessione scientifica aristotelica e l'approccio astronomico sono così accomunati dalla rivalutazione della sfera empirica e dalla sua assimilazione nell'ambito della scienza dimostrativa.

L'astronomia, esibendo una metodologia più consona allo studio del mondo fisico, suscitava particolarmente la curiosità di Aristotele, i cui interessi si svolgevano prevalentemente verso lo studio della natura:

Νῦν γὰρ οὐ διώρισται περὶ αὐτοῦ οὐδέ γε τὸ νῦν ῥηθισόμενον, οἷον πότερον καθάπερ οἱ μαθηματικοὶ τὰ περὶ τὴν ἀστρολογίαν δεικνύουσιν, οὕτω δεῖ καὶ τὸν φυσικὸν τὰ φαινόμενα πρῶτον τὰ περὶ τὰ ζῶα θεωρήσαντα καὶ τὰ μέρη τὰ περὶ ἕκαστον, ἔπειθ' οὕτω λέγειν τὸ διὰ τί καὶ τὰς αἰτίας, ἢ ἄλλως πως.

Questo problema, in effetti, non è stato finora risolto, e neppure quest'altro che sto per formulare: deve lo studioso della natura - al modo stesso dei matematici nelle loro esposizioni sull'astronomia - osservare prima i fenomeni relativi agli animali e le parti di ognuno di essi, per poi spiegare il perché e le cause, oppure procedere in qualche altro modo?²⁸.

²⁸ ARISTOTELE, *PA* A 1, 639 b5-10. Le versioni in italiano dei passi tratti dalle *Opere biologiche* di Aristotele e riportati nel presente saggio sono riprese da Id., *Opere biologiche*,

Nella gerarchia delle discipline di *APo.* A 13 è omesso qualsiasi riferimento alle scienze naturali: il discorso aristotelico è incentrato sulle matematiche, ambito certamente esteso ma non esaustivo della realtà. L'insieme dei saperi che si avvalgono di nozioni empiriche comprende infatti, oltre alle discipline subordinate, l'ampio plesso delle scienze naturali, quali fisica, biologia, zoologia, botanica e meteorologia. Il gruppo delle scienze fisiche costituiva un'area di ricerca parecchio trascurata dagli studiosi dell'Accademia, impegnati quasi esclusivamente nel settore delle matematiche. Alla raffinata metodologia esibita dalla geometria, che si avviava ormai ad una complessiva assiomatizzazione delle sue nozioni, si contrapponeva l'elementare livello in cui versavano le indagini sulla natura, caratterizzate per lo più dalla collezione casuale di osservazioni empiriche.

Le opere biologiche aristoteliche mostrano una notevole affinità con l'impianto teorico degli *Analitici secondi*, di cui forniscono una attendibile applicazione, come è evidente nella ripresa sul piano linguistico e sul piano concettuale della distinzione tra sapere che (ὄντι) e sapere perché (διότι)²⁹. Nella biologia esperienza e razionalità, descrizione e spiegazione delle proprietà del mondo naturale manifestano una costitutiva correlazione: l'approfondita osservazione dei fenomeni rivela l'esistenza di una chiara struttura causale della realtà, la quale è composta da proprietà che si articolano secondo specifici nessi rispondenti ad un preciso finalismo. Ciascuna caratteristica animale corrisponde ad una funzione, la cui comprensione contribuisce alla formulazione della spiegazione scientifica di determinati aspetti del mondo animale reiteratamente constatati attraverso le facoltà sensibili. L'esperienza stessa fornisce i suoi principi esplicativi, i quali sono

a cura di D. Lanza - M. Vegetti, UTET, Torino 1971. L'ipotesi, avanzata da Aristotele sotto forma di domanda, è subito dopo confermata alle righe 640 a13-15.

²⁹ ID., *HA* A 6, 491 a7-14; *PA* B 1, 646 a8-12; *LA* 1, 704 b7-10. Sul rapporto tra osservazione e spiegazione dei fenomeni nell'ambito delle scienze della natura si veda anche ID., *Phys.* B 3, 194 b16-23. Per un'introduzione alla biologia di Aristotele, sia per quanto riguarda gli aspetti metodologici sia per quanto riguarda i contenuti, si rinvia a A. JORI, *Aristotele*, Bruno Mondadori, Milano 2003, pp. 183-201; M. VEGETTI, *Biologia*, in E. BERTI (a cura di), *Guida ad Aristotele*, Laterza, Roma-Bari 1997, pp. 173-198. Kullman ha evidenziato che la biologia costituisce il principale campo di applicazione del modello scientifico elaborato negli *Analitici secondi* in W. KULLMANN, *Wissenschaft und Methode. Interpretationen zur Aristotelischen Theorie der Naturwissenschaft*, de Gruyter, Berlin 1974; ID., *Der wissenschaftliche Charakter der Biologie des Aristoteles. Eine Überprüfung*, in R. CLAUSEN - R. DAUBE-SCHACKAT (hrsg.), *Gedankenzeichen. Festschrift für K. Oehler zum 60. Geburtstag*, Stauffenburg, Tübingen 1988, pp. 13-21; ID., *Aristoteles' wissenschaftliche Methode in seinen zoologischen Schriften*, in G. WÖRLE (hrsg.), *Biologie*, Steiner, Stuttgart 1999, pp. 103-123.

scoperti attraverso l'identificazione e il raggruppamento delle differenze tra le parti degli animali.

L'astronomia, in virtù del suo approccio incentrato sulla spiegazione dei fenomeni celesti attraverso parametri razionali, era verosimilmente il campo disciplinare in cui il proposito aristotelico di trattazione scientifica delle proprietà fisiche trovava concreta attuazione. A differenza della geometria l'astronomia presentava un modello di conoscenza scientifica che poteva essere applicato anche agli altri ambiti attinenti alla natura, con i quali condivideva il carattere materiale dell'oggetto di indagine. La distinzione e il collegamento tra un livello descrittivo, relativo all'enumerazione dei fenomeni, ed un livello interpretativo, consistente nel rendere conto di quanto rilevato attraverso i sensi, rappresentano i presupposti metodologici su cui si fonda il procedimento astronomico e su cui, nelle intenzioni di Aristotele, dovrebbero basarsi le indagini riguardanti le caratteristiche degli animali.

Nell'esposizione dello statuto dell'astronomia in *APo. A 13* Aristotele identifica nelle proposizioni geometriche i principi attraverso cui rendere ragione dei fenomeni celesti, teorizzando così un approccio verosimilmente già impiegato dagli studiosi a lui contemporanei. In maniera sorprendente però nelle numerose esemplificazioni deduttive a carattere astronomico inserite negli *Analitici secondi* il ruolo di premesse apodittiche non è svolto da proposizioni afferenti alla matematica. Sono invece le attestazioni sensibili, accumulate nella fase ὄτι del sapere, a fornire il materiale per il reperimento dei principi che, nella fase διότι, garantiscono l'intelligibilità delle proprietà inizialmente più familiari al ricercatore.

In *APo. A 13, 78 a30-b11* per esempio Aristotele si avvale di nozioni astronomiche per illustrare la trasformazione di una deduzione del che in una deduzione del perché mediante l'applicazione del principio della convertibilità dei termini deduttivi, qualora essi siano legati da un rapporto di reciprocità:

(a) I pianeti non scintillano;	(b) I pianeti sono vicini;
ciò che non scintilla è vicino;	ciò che è vicino non scintilla;
quindi i pianeti sono vicini.	quindi i pianeti non scintillano.

(a) Ciò che ha fasi è sferico;	(b) Ciò che è sferico ha fasi;
la luna ha fasi;	la luna è sferica;
quindi la luna è sferica.	quindi la luna ha fasi.

I casi (a) corrispondono ad una deduzione del che, la quale rende manifesta una proprietà, come la vicinanza dei pianeti o la sfericità della luna, in base ad un medio da cui essa non dipende effettivamente e che quindi non costituisce la ragione del fenomeno esaminato. I casi (b) illustrano invece una deduzione del perché, dal momento che, rispetto alla proprietà espressa nella conclusione, come il non scintillare dei pianeti o l'aver fasi della luna, è stata assunta come medio la ragione prima ed appropriata. Sebbene solo le deduzioni del perché siano a pieno titolo dimostrazioni, non si può tralasciare che esse si costituiscono riorganizzando i termini contenuti nelle corrispondenti deduzioni del che, le cui premesse sono conseguite attraverso procedimenti legati alla sfera empirica, quali l'induzione (ἐπαγωγή) o la percezione (αἴσθησις)³⁰.

Anche l'esempio esposto in *APo.* B 8, 93 a37-b7 è strutturato secondo la distinzione tra ὄτι e διότι, sebbene si discosti dai casi presentati in *APo.* A 13 in quanto la nozione assunta come medio nella deduzione del perché non compare nella deduzione del che. Aristotele non si limita a riordinare i termini sillogistici, ma, nel passaggio dal sapere che al sapere perché, sostituisce uno degli elementi con una nuova proprietà:

(a) L'eclissi appartiene al «non poter fare ombra durante il plenilunio senza che sia visibile nulla tra noi e la luna»;

«Il non poter fare ombra durante il plenilunio senza che sia visibile nulla tra noi e la luna» appartiene alla luna;

L'eclissi appartiene alla luna.

(b) L'eclissi appartiene all'interposizione della terra tra il sole e la luna;

L'interposizione della terra tra il sole e la luna appartiene alla luna;

L'eclissi appartiene alla luna³¹.

Entrambi i sillogismi giungono alla medesima conclusione. Nel primo caso però essa è derivata da una condizione logica ma non reale, nel secondo è dimostrata da una proprietà che costituisce la sua causa.

L'ampia adozione di contenuti tratti dall'astronomia nella stesura degli *Analitici secondi*, ed in particolar modo nel chiarimento di punti fondamentali della teoria della scienza, lascia immaginare la grande considerazione di

³⁰ ARISTOTELE, *APo.* A 13, 78 a34-35; *ibi*, B 2, 90 a26-30.

³¹ Cfr. Id., *Analitici secondi*, p. 270.

cui la disciplina godeva agli occhi di Aristotele. La sua preferenza per l'astronomia non è dunque casuale, ma appare dettata dall'esigenza di fornire casi concreti di sistemazione dei dati empirici, disordinatamente appresi dai sensi, collegando ciascun fenomeno al suo principio. L'approccio metodologico dell'astronomia, schematizzato attraverso sillogismi, appare assumere un valore paradigmatico nell'operazione aristotelica di definizione della scienza in generale. In *APo.* B 16, 98 b5-16 Aristotele può così fornire una applicazione del procedimento fondato sulla congiunzione del sapere che e del sapere perché all'ambito delle scienze naturali:

- | | |
|--------------------------------------|---------------------------------------|
| (a) Ogni latifoglia perde le foglie; | (b) Ogni vite perde le foglie; |
| ogni vite è latifoglia; | ciò che perde le foglie è latifoglio; |
| quindi ogni vite perde le foglie. | quindi ogni vite è latifoglia. |

Le deduzioni $\acute{\omicron}\tau\iota$ e $\delta\iota\acute{\omicron}\tau\iota$, relative alle caratteristiche di un medesimo oggetto, identificano i due momenti principali in cui si articola il processo scientifico, nel corso del quale il ricercatore comincia da ciò che è più vicino alla sensazione per giungere ai principi, comprendendo così i rapporti di anteriorità e posteriorità, cioè di natura causale, che sussistono in modo assoluto tra le proprietà prese in esame.

Pur restando sostanzialmente fedele all'impalcatura epistemologica tracciata, incentrata sulla cooperazione tra esperienza e razionalità, Aristotele pone le basi per la formulazione di un modello metodologico originale, nel quale la spiegazione dei fenomeni osservati non è più delegata a nozioni matematiche. L'impostazione concettuale adottata da Aristotele nelle esemplificazioni proposte negli *Analitici secondi* è esplicitamente teorizzata in un passo degli *Analitici primi*, verosimilmente posteriore alla presentazione delle scienze subordinate in *APo.* A 13³². Nel brano seguente il ruolo di

³² La maggior parte degli studiosi riconosce attualmente la precedenza della teoria della scienza, esposta negli *Analitici secondi*, rispetto alla teoria del sillogismo affrontata negli *Analitici primi*, sebbene sia indubbio che le due trattazioni beneficiarono di una reciproca influenza nel corso di un lavoro di revisione protrattosi per alcuni anni. Proprio in virtù di tale particolare relazione non si può sostenere in assoluto un'antiorità dell'intera stesura degli *Analitici secondi* nei confronti degli *Analitici primi* nel loro insieme. Per un approfondimento della questione si rimanda a R. SMITH, *The Relationship of Aristotle's Two Analytics*, «The Classical Quarterly», 32 (1982), pp. 327-335; ID., *The Syllogism in the Posterior Analytics I*, «Archiv für Geschichte der Philosophie», 64 (1982), pp. 113-135; ARISTOTLE, *Prior Analytics*, transl., with introduction, notes, and comments by R. Smith, Hackett, Indianapolis 1989, pp. XIII-XV; J. BARNES, *Proof and the Syllogism*, in BERTI, *Aristotle on Science*, pp. 17-59; ARISTOTLE, *Posterior Analytics*, pp. XV-XVIII.

principi apodittici non è delegato a teoremi di geometria, ma è riconosciuto a nozioni raggiunte attraverso un lavoro di discriminazione condotto sul materiale empirico. È dall'esperienza stessa dunque che si possono trarre le ragioni degli eventi celesti:

ἴδιαι δὲ καθ' ἐκάστην αἰ πλείσται. διὸ τὰς μὲν ἀρχὰς τὰς περὶ ἕκαστον ἐμπειρίας ἐστὶ παραδοῦναι, λέγω δ' οἷον τὴν ἀστρολογικὴν μὲν ἐμπειρίαν τῆς ἀστρολογικῆς ἐπιστήμης (ληφθέντων γὰρ ἰκανῶς τῶν φαινομένων οὕτως εὐρέθησαν αἱ ἀστρολογικαὶ ἀποδείξεις), ὁμοίως δὲ καὶ περὶ ἄλλην ὁποιαοῦν ἔχει τέχνην τε καὶ ἐπιστήμην· ὥστ' ἐὰν ληφθῆ τὰ ὑπάρχοντα περὶ ἕκαστον, ἡμέτερον ἤδη τὰς ἀποδείξεις ἐτοίμως ἐμφανίζειν. εἰ γὰρ μηδὲν κατὰ τὴν ἱστορίαν παραλειφθεῖ τῶν ἀληθῶς ὑπαρχόντων τοῖς πράγμασιν, ἕξομεν περὶ ἅπαντος οὐ μὲν ἔστιν ἀπόδειξις, ταύτην εὐρεῖν καὶ ἀποδεικνύσαι, οὐ δὲ μὴ πέφυκεν ἀπόδειξις, τοῦτο ποιεῖν φανερόν.

La maggior parte dei principi sono propri a ciascuna scienza. Perciò è compito dell'esperienza fornire i principi relativi ad ogni oggetto di ricerca; voglio dire, per esempio, che l'esperienza astronomica fornisce i principi della scienza astronomica (infatti, considerati in maniera adeguata i fenomeni celesti, sono reperite le dimostrazioni astronomiche) e lo stesso vale per qualunque altra arte o scienza. Di conseguenza, qualora siano stati assunti i predicati relativi a ciascun oggetto di ricerca, sta poi a noi stabilire prontamente le dimostrazioni. Infatti, se nello studio descrittivo non è stato tralasciato alcunché di ciò che inerisce con verità agli oggetti della ricerca, per tutto ciò di cui c'è dimostrazione saremo in grado di trovarla, mentre per tutto ciò di cui per natura non si dà dimostrazione saremo in grado di rendere manifesto appunto questo³³.

Nel delineare il procedimento dell'astronomia Aristotele pone da una parte la ἀστρολογικὴ ἐμπειρία, l'esperienza astronomica, che assolve il compito di registrare accuratamente i fenomeni celesti (τὰ φαινόμενα), e dall'altra la ἀστρολογικὴ ἐπιστήμη, la scienza astronomica, che organizza rigorosamente attraverso dimostrazioni il materiale empirico accumulato. Il metodo astronomico, che secondo Aristotele trova applicazione anche nelle altre discipline, è sostanzialmente caratterizzato da due fasi, attendibilmente riconducibili alle categorie concettuali del «sapere che» e del «sapere perché», identificate negli *Analitici secondi*.

Le due branche in cui si articola l'astronomia corrispondono alle connessioni generali tra esperienza (ἐμπειρία) e scienza (ἐπιστήμη) e tra indagine descrittiva (ἱστορία) e dimostrazione (ἀπόδειξις), le quali caratterizzano i

³³ ARISTOTELE, *APr.* A 30, 46 a17-27. La versione italiana del passo è tratta da Id., *Gli Analitici primi*, traduzione, introduzione e commento di M. Mignucci, Loffredo, Napoli 1969.

livelli cognitivi che strutturano il sapere. Il termine ἱστορία, introdotto nel brano in modo simmetrico ad ἐμπειρία, non sta ad indicare la collezione di un insieme di nozioni indipendenti dalla scienza, ma il momento costitutivo della conoscenza, a partire dal quale si fonda la costruzione della dimostrazione³⁴. Il recupero e la valorizzazione dell'ambito empirico sul piano scientifico comporta un sempre più rigoroso ed accurato processo di raccolta e selezione delle manifestazioni fenomeniche.

Aristotele sembra conformarsi ad un modello di spiegazione scientifica che si discosta dal criterio di subordinazione delle discipline empiriche alle matematiche pure. Il lavoro dello studioso di astronomia, o più in generale di ogni uomo di scienza, non comporta più l'importazione di teoremi da un settore disciplinare assunto come superiore, ma si incentra sulla sistemazione del materiale sensibile. Respingendo una prospettiva di «riduzionismo scientifico», secondo la quale un sapere è spiegabile mediante il ricorso ad un altro sapere³⁵, Aristotele riconosce all'astronomia un'autonomia sul piano contenutistico e metodologico. Le constatazioni sensibili si pongono come punti di partenza dell'indagine scientifica astronomica, in quanto la loro discriminazione consente di individuare i principi, cioè i fondamenti delle proprietà celesti. La costruzione della prova scientifica si svolge interamente in un ambito circoscritto del sapere, del quale non occorre superare i confini, dal momento che esso dispone di un insieme di contenuti, attinti per via empirica, in grado di rendere esaurientemente conto dei suoi oggetti. La scienza dimostrativa si configura dunque come un sistema dotato di proposizioni proprie, costituito cioè da premesse e conclusioni attinenti ad un medesimo campo di indagine.

In modo alternativo all'impostazione platonica l'esperienza non solo non è più respinta o contrapposta al sapere autenticamente scientifico, ma è qualificata come il momento da cui scaturiscono i contenuti della scienza dimostrativa. Le proprietà scoperte sono infatti destinate ad essere coordinate come parti di un sistema omogeneo. La rivalutazione del settore empirico, dei cui contenuti è possibile fornire rigorosa dimostrazione mediante l'individuazione degli appropriati principi, legittima la trattazione sul piano scientifico dei differenti rami del sapere e conseguentemente la loro sistemazione in senso deduttivo.

³⁴ Sul significato e sulla funzione di ἐμπειρία ed ἱστορία nella filosofia di Aristotele cfr. BONITZ, 242 a59-b10; 348 b2-28; E. RIONDATO, 'ἱστορία ed ἐμπειρία nel pensiero aristotelico', «Giornale di Metafisica», 9 (1954), pp. 303-335, in part. pp. 314-315; C.A. VIANO, *L'esperienza in Aristotele*, «Rivista di Filosofia», 50 (1959), pp. 229-335.

³⁵ Cfr. VEGETTI, *Biologia*, p. 180.

L'approccio metodologico fondato sul collegamento tra conoscenza del che e conoscenza del perché sembra dunque avere tratto origine dal procedimento astronomico, le cui strategie dimostrative avrebbero fornito ad Aristotele lo spunto per la teorizzazione di un impianto scientifico generale, destinato ad essere assimilato soprattutto dalle discipline volte allo studio dei fenomeni naturali.

Abstract

L'articolo si propone di mettere in evidenza il ruolo che l'astronomia classica ha svolto nella costruzione della teoria aristotelica della scienza. Negli *Analitici secondi* l'approccio astronomico appare essere la principale fonte di ispirazione della distinzione, su cui si fonda il processo scientifico, fra la conoscenza di qualcosa e la conoscenza della sua ragione. Secondo le linee generali della dottrina aristotelica i due livelli di conoscenza, identificati rispettivamente dai settori empirici e dai settori razionali del sapere, non sono separati, ma collaborano nel registrare e spiegare i fenomeni naturali. Questa impostazione sembra corrispondere ad una generalizzazione del metodo astronomico effettivamente adoperato nella Grecia classica, caratterizzato dalla dimostrazione geometrica delle proprietà astrali osservate. L'approccio astronomico è coerente con il progetto aristotelico di trattazione apodittica delle apparenze, in quanto entrambi si basano sulla connessione tra esperienza e razionalità. A differenza della geometria, l'astronomia classica forniva un adeguato modello di scienza dimostrativa che poteva essere applicato con successo ad altri campi del sapere in cui sono presi in considerazione contenuti sensibili, come nel caso dell'armonica, dell'ottica e della biologia.

Parole chiave: Aristotele, astronomia, scienza, dimostrazione, esperienza

This paper aims to highlight the role that classical astronomy played in the construction of Aristotle's theory of science. In *Posterior Analytics* the astronomical approach appears to be the main source of inspiration for the distinction between knowledge of a fact and knowledge of the reason why, on which the scientific process is grounded. According to the general ideas of Aristotelian doctrine, these two levels of knowledge, identified respectively by empirical and rational disciplines, are not separate but collaborate in collecting and explaining natural phenomena. This view seems to be a generalization of the actually adopted astronomical method in classical Greece, which was characterized by the geometrical demonstration of observed astral properties. The astronomical approach is consistent with the Aristotelian project of the apodictic treatment of appearances, since both are based on the connection between experience and rationality. Unlike geometry, classical astronomy provided a suitable model of demonstra-

tive science which could be successfully applied to other fields of knowledge dealing with sensitive data, as harmonics, optics and biology.

Keywords: Aristotle, astronomy, science, demonstration, experience

