

STUDI

LA TRATTAZIONE ARISTOTELICA DELLE SCIENZE SUBORDINATE NEGLI *ANALITICI SECONDI*

di Piero Tarantino*

Abstract: This paper explores Aristotle's remarks in *Posterior Analytics* on certain special disciplines that are subordinate to pure mathematical sciences. Optics, harmonics and mechanics prove their own contents by means of premises belonging to arithmetic or geometry. Even though subaltern sciences are exceptions to the prohibition on kind crossing, the premises to their demonstrations are legitimately appropriate to the relative conclusions. In order to delineate the demonstrative structure of subordinate sciences, Aristotle introduces the distinction between knowledge of a fact and knowledge of the reason for it. In his view, these two different levels of knowledge, characterizing respectively empirical and theoretical approaches, are closely related. Nautical astronomy, for instance, deals with the observation and recording of the astral motions, which are made intelligible by mathematical astronomy. The Aristotelian ideal of an explanatory connection between appearances and mathematical principles seems to be the main aspect in the treatment of subordinate sciences in *Posterior Analytics*.

Keywords: Aristotle, *Posterior Analytics*, subordinate sciences, mathematical sciences, demonstration.

Negli *Analitici secondi* Aristotele delinea un modello di sapere esplicativo e necessario, coincidente sul piano metodologico con la dimostrazione. Nella costruzione della dottrina della scienza la considerazione della situazione in cui si trovavano le discipline dell'epoca costituisce un elemento imprescindibile. Aristotele mostra attenzione verso i procedimenti adottati dagli studiosi a lui contemporanei ed in particolare prende atto dell'esistenza di specifici rapporti tra i rami del sapere. Anziché negare la presenza di relazioni interdisciplinari che sembrerebbero mettere in discussione la concezione autonoma ed unitaria della scienza apodittica, esplicitata nei primi capitoli degli *Analitici secondi*, Aristotele preferisce esaminare la costituzione di specifiche gerarchie che si realizzano nella pratica scientifica. La connessione tra ambiti del sapere si pone talvolta come requisito per procedere alla dimostrazione di alcune proprietà.

* piertaran@gmail.com; ricercatore post-dottorato presso l'Università Paris 1 Panthéon-Sorbonne.

Rivista di storia della filosofia, n. 3, 2012

Copyright © FrancoAngeli

N.B: Copia ad uso personale. È vietata la riproduzione (totale o parziale) dell'opera con qualsiasi mezzo effettuata e la sua messa a disposizione di terzi, sia in forma gratuita sia a pagamento.

Aristotele teorizza lo statuto scientifico di discipline come l'ottica, la meccanica, l'armonica e l'astronomia, le quali sono classificabili in misura differente come subalterne, in quanto la verifica dei rispettivi contenuti è condotta mediante il ricorso a principi appartenenti all'ambito delle scienze matematiche pure. Sebbene il tema della relazione tra i saperi contribuisca a completare la dottrina degli *Analitici secondi*, pochi studiosi hanno approfondito la trattazione aristotelica delle discipline subordinate¹. La scarsa attenzione rivolta alla questione può verosimilmente essere stata determinata anche dall'originalità del punto di vista adottato da Aristotele, la cui comprensione richiede il superamento di strategie interpretative rigidamente unilaterali. Le indicazioni che Aristotele fornisce in merito al collegamento tra i saperi rimandano ad preciso sfondo scientifico, che necessita di essere esplicitato e tenuto costantemente presente nell'analisi dei passi.

La ricostruzione della teorizzazione delle scienze subalterne sollecita l'adozione di un approccio in grado di congiungere l'impianto metodologico elaborato negli *Analitici secondi* agli sviluppi dell'astronomia, dell'armonica, dell'ottica e della meccanica. Solo attraverso l'appropriata collocazione della riflessione aristotelica nel contesto scientifico ad essa contemporaneo è possibile far emergere il tentativo di riforma dello statuto delle discipline subordinate nel quadro di una impostazione tradizionale, riluttante all'assimilazione di una nuova organizzazione del sapere.

Situazioni di connessione tra ambiti disciplinari

Negli *Analitici secondi* la questione della relazione tra i saperi è accennata per la prima volta nel capitolo A 7, in cui si enuncia il divieto di passare da un genere ad un altro nel condurre una dimostrazione (οὐκ ἄρα ἔστιν ἐξ ἄλλου γένους μεταβάντα δεῖξαι). Non è possibile per esempio provare un teorema geometrico avvalendosi di nozioni tratte dall'aritmetica². Dopo aver ribadito l'uniformità disciplinare delle proposizioni argomentative, Aristotele introduce una deroga al suddetto divieto, qualora tra due scienze sussista un rapporto di subordinazione (θάτερον ὑπὸ θάτερον), come nel caso dell'ottica rispetto alla geometria o dell'armonica rispetto all'aritmetica³. La connessione tra le disci-

1. I principali studi sul tema delle scienze subordinate nella filosofia aristotelica sono il contributo di McKirahan 1978, brevemente ripreso in McKirahan 1992, pp. 64-67, l'articolo di Jope 1972, che circoscrive la sua analisi al libro Z della *Fisica*, ed in qualche misura il lavoro di Owens 1991, dedicato alla possibile distinzione tra scienze pure ed applicate. Ad essi si possono aggiungere le analisi testuali dei commentatori contemporanei, le quali, limitandosi per loro natura ad una interpretazione dei passi aristotelici, non forniscono una ampia e complessiva disamina della questione delle discipline subordinate.

2. Aristot. *APo.* A 7, 75a38-9; 75b3-6.

3. Aristot. *APo.* A 7, 75b14-7. Per un inquadramento generale dello statuto dei saperi subordinati nell'ambito della teoria aristotelica della scienza si rimanda a Berti 1965, pp. 18-31, in part. p. 25.

pline si realizza quando la prova di una proposizione, appartenente ad una scienza α , è svolta mediante l'intervento di premesse che rientrano in una scienza β .

In *APo.* A 9 si trova una disamina più estesa dell'argomento, nonostante la presenza di alcuni punti di difficile interpretazione. L'avvio del discorso è fornito da una riaffermazione del significato di scienza ($\acute{\epsilon}\pi\iota\sigma\tau\acute{\eta}\mu\eta$) e di dimostrazione ($\acute{\alpha}\pi\acute{\omicron}\delta\epsilon\iota\chi\iota\varsigma$), concetti strutturalmente congiunti nell'epistemologia aristotelica. Avere conoscenza scientifica e non accidentale dell'appartenenza di una proprietà ad un oggetto significa dimostrare, a partire da principi adeguati, che la proprietà compete per sé all'oggetto⁴. Oltre ai requisiti di verità, indimostrabilità ed immediatezza Aristotele esige che le premesse siano appropriate alla conclusione, cioè appartenenti allo stesso genere disciplinare in cui rientra l'oggetto della prova⁵.

La dimostrazione dell'inerenza al triangolo della proprietà secondo cui gli angoli interni sono uguali a due retti deve essere condotta attraverso proposizioni pertinenti al teorema da verificare⁶. Solo riferendoci a principi compresi nel genere proprio dell'oggetto della dimostrazione, sapremo che tale determinazione compete al triangolo in quanto triangolo. Il tentativo di spiegazione della quadratura del cerchio, effettuato da Brisone, va al contrario annoverato tra i casi di conoscenza accidentale e non propriamente scientifica, dal momento che si svolge mediante il concorso di principi troppo generali, che attingono a diversi generi e coinvolgono più discipline⁷.

I termini del sillogismo scientifico rientrano solitamente nel patrimonio di contenuti di una medesima disciplina. La scientificità della dimostrazione non viene tuttavia messa in discussione se tra il genere del medio ed il genere dell'estremo minore sussiste una relazione di subordinazione, come accade per esempio tra l'armonica e l'aritmetica⁸. Aristotele riconosce la validità di alcune prove costruite con elementi appartenenti a scienze diverse, articolando la specifica connessione mediante l'introduzione della relazione tra $\acute{\omicron}\tau\iota$ e $\delta\acute{\iota}\acute{\omicron}\tau\iota$.

Le scienze, legate da un rapporto di dipendenza, si dispongono secondo due livelli: la prima si limita ad esibire che ($\acute{\omicron}\tau\iota$) un fatto accade, la seconda si occupa di esporre perché ($\delta\acute{\iota}\acute{\omicron}\tau\iota$) il fatto accade⁹. Così all'armonica spetta mo-

4. Aristot. *APo.* A 9, 76a4-6. Si dicono predicati "per sé" sia le determinazioni che sono assunte nella definizione del soggetto (*APo.* A 4, 73a34-7) sia le determinazioni che assumono nella propria definizione la nozione o il nome della cosa di cui esse sono proprietà e che di conseguenza non si possono spiegare indipendentemente dall'oggetto a cui rimandano (*APo.* A 4, 73a37-b1). Sebbene Aristotele distingua quattro modi secondo cui *A* può appartenere a *B* "per sé" o "in virtù di sé" ($\kappa\alpha\theta' \acute{\alpha}\nu\tau\acute{o}$), solo i primi due concorrono in modo diretto alla caratterizzazione delle proposizioni dimostrative (*APo.* A 4 73b16-8).

5. Aristot. *APo.* A 9, 75b37-40.

6. Aristot. *APo.* A 9, 76a6-7.

7. Aristot. *APo.* A 9, 75b40-76a3. Sulla valutazione aristotelica della quadratura del cerchio svolta da Brisone cfr. Mueller 1982.

8. Aristot. *APo.* A 9, 76a8-10.

9. Aristot. *APo.* A 9, 76a10-3: τὰ δὲ τοιαῦτα δείκνυται μὲν ὡσαύτως, διαφέρει δὲ τὸ

strare che “un intervallo X è pari”, mentre all’aritmetica compete la spiegazione dell’inerenza del predicato “pari” al soggetto “intervallo X ”. La dimostrazione costruita mediante l’intervento di proposizioni afferenti a due discipline si caratterizza per l’appartenenza del soggetto della prova, l’estremo minore, al genere subordinato e per l’appartenenza delle determinazioni (πάθη), che inriscono per sé al soggetto, al genere sovraordinato.

La riflessione sulla relazione tra le discipline, con particolare riferimento all’armonica e all’aritmetica da una parte, all’ottica e alla geometria dall’altra, è ispirata dal modo di procedere degli studiosi nel V e nella prima metà del IV secolo. Oltre a constatare l’autonomia che contraddistingue alcune branche del sapere come aritmetica e geometria, Aristotele prende atto dell’esistenza di un collegamento tra contenuti relativi a settori affini ma distinti. Il trasferimento di proposizioni da una scienza all’altra risulta talvolta condizione necessaria per argomentare dimostrativamente alcune conclusioni¹⁰.

L’impostazione epistemologica aristotelica, incentrata sulla fondazione di teoremi a partire da principi inerenti ad unico genere, rappresenta un ostacolo insuperabile ai fini della ricezione in sede teorica della possibilità di collaborazione tra i saperi, che di fatto supera rigidi confini disciplinari. Aristotele sente la necessità di legittimare la connessione tra proposizioni appartenenti a settori differenti, senza però voler compromettere il rigore del procedimento dimostrativo. La cooperazione tra i saperi non deve essere né rifiutata né ricondotta ad un ambito prescientifico, ma va compresa ed adeguatamente inserita nell’impianto generale della dottrina. La logica della scienza deve ammettere anche l’istituzione di legami tra proposizioni non appartenenti allo stesso ambito, al fine di esaurire tutte le possibili forme valide di dimostrazione.

L’interazione tra i saperi nella spiegazione di alcuni contenuti sembrerebbe a prima vista non essere contemplata tra le opzioni della scienza dimostrativa. Il punto critico è rappresentato dalla delimitazione delle dimostrazioni a precisi ambiti disciplinari, secondo quanto prescritto dal divieto della μετάβασις ἐξ ἄλλου γένους. Ammettere la collaborazione *tout court* tra i saperi implicherebbe l’abolizione del divieto, con l’estrema conseguenza di legittimare per esempio il trasferimento di proposizioni geometriche nell’aritmetica e viceversa. Aristotele vuole al contrario conciliare l’eventualità della connessione tra alcune scienze con il criterio dell’appropriatezza dei principi rispetto alla conclusione da provare.

Si può tentare di ricostruire lo scenario delle relazioni disciplinari tra il V e il IV secolo partendo da una nozione di origine pitagorica, riportata negli *Ana-lytici secondi*. La definizione della consonanza (συμφωνία) come rapporto numerico tra un suono acuto ed un suono grave (λόγος ἀριθμῶν ἐν ὁξεί καὶ βαρεῖ) permette di aver chiara la natura aritmetica dell’armonica¹¹. La succes-

μὲν γὰρ ὅτι ἐτέρας ἐπιστήμης (τὸ γὰρ ὑποκείμενον γένος ἕτερον), τὸ δὲ διότι τῆς ἄνω, ἥς καθ’ αὐτὰ τὰ πάθη ἐστίν.

10. La dipendenza di una scienza rispetto ad un’altra in riferimento ai principi dimostrativi è ribadita in Aristot. *APo.* A 12, 77a41-b2.

11. Aristot. *APo.* B 2, 90a18-23.

sione ordinata e non casuale dei suoni, elementi costitutivi della musica, è rispondente a relazioni aritmeticamente esprimibili, le quali regolano la composizione di intervalli consonanti. L'armonica si propone di esaminare le leggi invariabili che determinano le consonanze, cioè di studiare i rapporti tra i suoni.

Dal momento che le leggi armoniche sono di natura numerica, è ovvio che la dimostrazione dell'attinenza di una proprietà ad un elemento musicale è condotta avvalendosi di proposizioni tratte dall'aritmetica, la quale si pone come scienza superiore rispetto all'armonica, poiché è in grado di spiegare razionalmente l'organizzazione della melodia. L'armonica mostra come dalla composizione di alcuni suoni gravi ed acuti derivino consonanze, l'aritmetica fornisce il fondamento di queste relazioni, in quanto chiarisce la proporzione numerica che sussiste tra le note. Lo studioso di armonica deve pertanto spiegare la struttura della successione melodica avvalendosi di principi che rientrano nella sfera dell'aritmetica.

La connessione tra armonica e aritmetica deriva dalla comune trattazione di quantità numeriche: mentre la prima disciplina considera il numero in quanto suono, la seconda si occupa del numero in quanto numero. I suoni corrispondono a grandezze discrete, oggetti per eccellenza dell'aritmetica. Allo stesso modo il collegamento tra ottica e geometria è sancito dallo studio del medesimo genere: l'ottica esamina le linee in quanto raggi visivi, la geometria invece le linee in quanto linee¹². I raggi visivi sono infatti linee che congiungono l'occhio all'oggetto percepito con la vista.

Da un lato armonica ed ottica non dispongono di principi appropriati per la spiegazione delle proprietà acustiche o visive e si pongono in dipendenza da altre discipline per quanto riguarda le dimostrazioni. Dall'altro lato esse trattano i loro oggetti in un modo esclusivo, non condiviso da altra scienza: l'aritmetica, pur considerando i numeri, trascurava la loro espressione sonora; la geometria, pur analizzando le linee, ignora la loro manifestazione visiva. Al contrario l'armonica indaga i numeri in un contesto sonoro, l'ottica si occupa di linee in un contesto visivo¹³.

Tra ottica e geometria si instaura un tipo di relazione differente rispetto a quella che sussiste tra aritmetica e geometria. Il divieto della *μετάβασις* si applica solo al secondo caso, in quanto riguarda scienze dotate di generi del tutto distinti. Senza alterare il rigore dimostrativo, Aristotele può ammettere nella trattazione scientifica discipline come ottica e armonica, collocandole però al rango inferiore di saperi subalterni¹⁴. L'oscillazione tra il riconoscimento di scientificità e l'attestazione di dipendenza appare essere il tratto peculiare delle scienze subordinate, le quali, seppure dotate di un ambito esclusivo di operatività, si presentano come settori di applicazione delle matematiche pure.

12. Aristot. *Metaph.* M 3, 1078a14-7.

13. Cfr. Zabarella 1966, 523b-526a. Si veda anche Corbini 2006, pp. 133-191.

14. Aristot. *APo.* A 9, 76a22-5.

L'appropriatezza dei principi non coincide allora semplicemente con l'omogeneità disciplinare delle proposizioni dimostrative, ma viene rintracciata nella più generale pertinenza delle premesse rispetto all'oggetto da dimostrare, anche se talvolta le premesse ricadono nell'ambito di una scienza differente da quella cui appartiene la conclusione da provare¹⁵. La scientificità della conoscenza non è compromessa dalla constatazione dell'esistenza di specifici rapporti tra le discipline, i quali sono pienamente assimilati nell'impianto generale della teoria.

La difficoltà principale nella comprensione di *APo*. A 9 emerge nel momento in cui si tenta di costruire concretamente una deduzione scientifica interdisciplinare, conforme ai requisiti enunciati nel capitolo. Insolitamente Aristotele non fornisce alcuna esemplificazione sillogistica della subordinazione tra scienze e non è semplice colmare la lacuna¹⁶. Nel complesso il brano appare finalizzato a dare conto nella logica della scienza degli articolati rapporti che effettivamente caratterizzavano l'universo scientifico dell'epoca. La ricezione a livello teorico della relazione tra i saperi autorizza Aristotele ad esprimere tale stato di fatto nelle forme proprie della dottrina apodittica. La sillogistica, struttura generale del procedimento dimostrativo, diviene l'impalcatura logica di cui avvalersi nell'illustrare teoricamente il legame che può sussistere tra due discipline. La formalizzazione sillogistica della connessione tra i saperi appare finalizzata a riprodurre la situazione di collaborazione tra due scienze, nella quale i teoremi dell'una fanno appello ai principi dell'altra per la loro dimostrazione.

Il collegamento tra i saperi si realizzava nella pratica scientifica del tempo certamente in modo meno artificioso rispetto alle rigide regole della logica sillogistica. Aristotele probabilmente non sperimentò mai l'efficacia del sillogismo interdisciplinare costruito, come confermato indirettamente anche dalla mancanza di esempi *ad hoc*. Egli si doveva già ritenere soddisfatto per aver introdotto la connessione tra le scienze in sede teorica, considerando al di fuori dei suoi interessi l'applicazione dello schema approntato, forse nelle sue intenzioni delegata agli scienziati dell'epoca o più semplicemente non inclusa tra le opzioni della sillogistica.

La metodologia delle scienze subordinate

La seconda parte del capitolo A 13 degli *Analitici secondi* è dedicata ad illustrare la differenza tra la conoscenza del che (ὄντι) e la conoscenza del perché (διότι), nel caso in cui le due forme di sapere corrispondano a due scienze legate tra loro da un rapporto gerarchico, in virtù del quale l'una si pone in su-

15. Aristot. *APo*. A 9, 76a13-5.

16. Tentativi di costruzione di deduzioni scientifiche interdisciplinari sono stati condotti in Barnes 1994, pp. 135-136; Mignucci 1975, pp. 168-178; Mignucci 2007, p. 179.

bordinazione all'altra¹⁷. Rispetto ai capitoli A 7 e 9 in *APo*. A 13 non viene preso in considerazione il sillogismo al fine di esprimere la relazione di dipendenza tra i saperi. La tematica è affrontata nei termini più generali del reperimento dei fatti e della comprensione degli stessi a partire dagli appropriati fondamenti. La trattazione aristotelica, anziché proporre una formalizzazione sillogistica dell'articolazione dell'universo scientifico, mira a mettere in primo piano i tratti che accomunano da una parte le discipline sovraordinate e dall'altra le discipline subordinate, per procedere ad una rigorosa demarcazione epistemologica.

Il brano di *APo*. A 13 si sviluppa secondo cinque nuclei tematici: (1) introduzione di carattere generale sulla connessione che sussiste tra alcune scienze (78b34-9); (2) individuazione di un rapporto di sinonimia tra alcune discipline (78b39-79a6); (3) chiarimenti circa il ruolo del sostrato nelle scienze sovraordinate (79a6-10); (4) esame di alcune analogie tra i rapporti di subordinazione (79a10-3); (5) considerazione di casi di dipendenza tra scienze dotate di generi distinti (79a13-6).

(1) Lo studio del sapere ὅτι e del sapere διότι in riferimento ad un medesimo stato di cose spetta talvolta a due scienze differenti, le quali si pongono rispettivamente come scienza subordinata e scienza sovraordinata. L'argomentazione aristotelica si riallaccia a quanto espresso in *APo*. A 9, 76a10-3 ed è completata da una presentazione più ricca dei casi in cui si realizza il rapporto ὅτι – διότι tra i saperi. Oltre all'ottica e alla geometria, all'armonica e all'aritmetica, Aristotele riporta come esempi la meccanica¹⁸ e la stereometria o geometria solida¹⁹, l'astronomia osservativa (τὰ φαινόμενα) e l'astronomia (ἀστρολογική)²⁰.

17. Aristot. *APo*. A 13, 78b34-5. Nel capitolo A 13 degli *Analitici secondi* si esamina la distinzione tra sapere il che (ἐπίστασθαι τὸ ὅτι) e sapere il perché (ἐπίστασθαι τὸ διότι) di uno stato di cose. Le due forme da una parte sussistono nell'ambito di una singola disciplina scientifica (78a23-78b31) e dall'altra caratterizzano la relazione tra scienze gerarchicamente ordinate (78b32-79a16). In generale Aristotele intende con ἐπίστασθαι τὸ διότι la conoscenza di un fatto attraverso la sua ragione e con ἐπίστασθαι τὸ ὅτι la conoscenza di un fatto mediante un altro fatto, che non costituisce propriamente la sua ragione: nel primo caso si comprende *P* sulla base di *Q*, dove *Q* spiega perché *P* accade; nel secondo caso si stabilisce *P* sulla base di *Q*, sebbene *Q* non sia il fondamento di *P*.

18. Anche in *APo*. A 9, 76a23-4 Aristotele cita la meccanica, ponendola però, insieme all'ottica, in dipendenza dalla geometria in generale.

19. Aristotele distingue la geometria in piana e solida e a quest'ultima attribuisce il nome di stereometria, riprendendo un'impostazione rintracciabile nella descrizione delle scienze svolta da Platone in *Rp*. Z 528b2-c1.

20. Aristot. *APo*. A 13, 78b34-9: 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.

Le discipline prese in considerazione corrispondono a branche della matematica²¹, fatta eccezione per l'insieme di nozioni denominato τὰ φαινόμενα. In particolare la connessione tra τὰ φαινόμενα e ἀστρολογική appare a prima vista non del tutto coerente con l'assetto delineato. La decisione di attribuire all'astronomia lo *status* di scienza sovraordinata lascia perplessi, soprattutto se si presta attenzione alla sua difformità rispetto alle discipline a cui è accomunata. L'aritmetica, la geometria piana e la stereometria sono scienze "pure", poiché i loro oggetti non hanno alcun riferimento alla materia. L'astronomia al contrario svolge le sue indagini intorno ai corpi celesti, sostanze eterne ma pur sempre sensibili²².

Aristotele probabilmente intende evidenziare l'esistenza di un legame privilegiato tra le scienze matematiche pure e l'astronomia, la quale tuttavia è solitamente collocata in dipendenza dalle prime²³. Ottica, armonica ed astronomia sono infatti accomunate dalla natura materiale dei rispettivi oggetti di ricerca. Le tre discipline si caratterizzano pertanto come le scienze più fisiche tra le matematiche (φυσικώτερα τῶν μαθημάτων), proprio in virtù della particolare contiguità che intrattengono con la materia²⁴. La classificazione delle scienze, proposta in *APo.* A 13, è però rispondente a criteri differenti, che determinano una organizzazione disciplinare alternativa ad una disposizione tradizionale: l'astronomia è posta sullo stesso piano di aritmetica e geometria.

La decisione di "promuovere" l'astronomia al rango di scienza sovraordinata potrebbe essere stata suggerita ad Aristotele dalla natura totalmente sensibile della branca del sapere identificata dall'espressione τὰ φαινόμενα, con cui la disciplina è appaiata nella relazione di dipendenza. Il vocabolo τὰ φαινόμενα, pur indicando genericamente "i dati dei sensi", è usato in astronomia per denotare "i fenomeni celesti"²⁵ ed indica un insieme di fatti empirici, che non hanno come fonte esclusivamente l'osservazione, ma anche le opinioni comuni sull'argomento (τὰ ἔνδοξα) e gli usi linguistici diffusi (τὰ λεγόμενα)²⁶. La relazione tra τὰ φαινόμενα e ἀστρολογική sembra fondarsi

21. La pluralità delle scienze matematiche è riconosciuta da Aristotele in *Metaph.* E 1, 1026a25-7.

22. Aristot. *Metaph.* A 8, 1073b3-8.

23. La subordinazione dell'astronomia rispetto alle scienze matematiche pure è per esempio presupposta in Aristot. *Cael.* B 14, 297a2-6, come rileva Elders 1966, pp. 260-261. Anche Platone pone l'astronomia in dipendenza dalla geometria (*Rp.* Z 527d1-530c5) e l'armonica in dipendenza dall'aritmetica (*Rp.* Z 530c5-531c8). Per un approfondimento dello statuto dell'astronomia e dell'armonica, delineato da Platone nella *Repubblica*, si rimanda a Franco Repellini 2003.

24. Aristot. *Phys.* B 2, 194a7-12. Come ribadito in Aristot. *Phys.* B 2, 194a12-27, compito della fisica è lo studio delle forme in quanto connesse alla materia. Lo statuto delle scienze subordinate nella *Fisica* aristotelica è esaminato in Jope 1972.

25. Cfr. LSJ s. v. Un esempio dell'uso di τὰ φαινόμενα con il significato di «sense-data» si trova in Aristot. *PA* A 1, 639b8 e con il significato di «celestial phenomena» in Aristot. *Cael.* B 13, 293b27. Τὰ φαινόμενα è anche il titolo di un'opera di astronomia attribuita ad Eudosso di Cnido.

26. Cfr. Owen 1961. In riferimento ad *APo.* A 13 Ross (1949, p. 554) parafrasa l'e-

sulla distinzione e sulla connessione tra il settore empirico ed il settore matematico degli studi astronomici: da una parte la branca che si occupa di raccogliere i dati recepiti dalla sensazione, dall'altra la branca a cui compete l'interpretazione razionale dei fenomeni.

La caratterizzazione aristotelica dell'astronomia ricalca abbastanza fedelmente lo stato in cui effettivamente la disciplina versava tra il V e il IV secolo. Inizialmente le indagini classificabili globalmente come astronomiche presentavano una netta separazione tra un livello teorico, mirante alla costruzione di modelli geometrici finalizzati a riprodurre l'armonia degli astri, e un livello pratico, costituito dalle numerose osservazioni sui moti planetari. Il primo filone, l'unico a godere di credibilità e prestigio presso la comunità scientifica, era coltivato con successo dai Pitagorici, i quali elaborarono una teoria puramente matematica dei corpi celesti, assolutamente incurante delle apparenze fisiche visibili. Le rilevazioni, sempre più accurate, dei fenomeni celesti erano di conseguenza discordanti in modo evidente dalle conclusioni cui giungevano gli esperti in sede teorica.

L'impostazione vigente degli studi fu rivoluzionata dalla formulazione di un nuovo modello di spiegazione, ad opera di Eudosso di Cnido, che comportò una significativa ridefinizione dei procedimenti astronomici, ponendo le premesse per il superamento della contrapposizione tra esperienza e ragionamento nella trattazione degli astri. Al fine di comprendere i movimenti planetari Eudosso ideò un ingegnoso modello geometrico composto da ventisette sfere omocentriche e fondato sui postulati del moto circolare uniforme e della velocità assolutamente costante degli astri²⁷.

Rispetto all'impostazione pitagorica e in qualche misura platonica, che insisteva unicamente sulla regolarità dei moti celesti, indice di un'armonia e di una bellezza dell'universo, Eudosso impresso una svolta decisiva allo statuto dell'astronomia, riconoscendo il contributo della sfera empirica ai fini della comprensione sistematica del cielo. Il punto debole del sistema eudossiano è tuttavia ravvisabile nell'inadeguatezza a dare conto in modo completo dei fenomeni osservabili: le deviazioni planetari dall'orbita circolare e i moti retrogradi erano difficilmente inquadrabili in una teoria fondata su presupposti esclusivamente matematici. La dinamicità del movimento dei corpi celesti suscitava non pochi problemi ai fini di una sua trasposizione in un modello geometrico, poiché difficilmente i comportamenti astrali esibivano lo stesso rigore della rispettiva formulazione matematica.

Nonostante le difficoltà che scaturivano da una matematizzazione dei fenomeni, gli astronomi, a partire da Eudosso, non rinunciarono, almeno nelle intenzioni, ad una trattazione razionale degli eventi, il più possibile in sintonia con quanto attestato dai sensi. La considerazione dell'anomalia non determi-

spressione τὰ φαινόμενα con «the study of the observed facts about the heavenly bodies». Per i diversi usi di τὰ φαινόμενα nel *Corpus Aristotelicum* cfr. Bonitz 809a24-b7.

27. La testimonianza più completa sul sistema delle sfere omocentriche di Eudosso è stata tramandata da Simplicio (*in Cael.* p. 492 Heiberg) e si trova anche in Lasserre 1966, pp. 67-73.

nava il rigetto del modello geometrico, ma stimolava la continua revisione dello schema interpretativo, senza mettere in discussione l'approccio matematico. Ne conseguiva spesso una semplificazione dei problemi che scaturivano dall'osservazione, allo scopo di salvaguardare una coerenza tra dimostrazione ed esperienza. In un orizzonte rigidamente teorico si faceva strada per la prima volta l'idea che il fenomeno potesse condizionare la riflessione scientifica²⁸.

L'impianto concettuale di Eudosso fu recepito dal suo allievo Callippo, vissuto nella seconda metà del IV secolo, e dallo stesso Aristotele, i quali, condividendo le premesse dello studioso di Cnido, apportarono modifiche al suo sistema. Callippo aumentò il numero delle sfere a trentatré allo scopo di "dare ragione dei fenomeni" (ἀποδιδόναι τὰ φαινόμενα). Allo stesso modo Aristotele ritenne necessario incrementare ulteriormente il numero delle sfere a cinquantacinque, poiché esse dovevano complessivamente rendere conto di ciò che appare²⁹.

Aristotele riconosce la natura fisica dell'astronomia: essa indaga proprietà inerenti alle figure geometriche ed ai volumi, in quanto corrispondenti alle distanze dei corpi celesti, alle traiettorie delineate dai movimenti planetari, alle forme ed alle dimensioni degli astri³⁰. La traduzione matematica dei fenomeni osservabili permette la costruzione di schemi ordinati ed intelleggibili, che facilitano il reperimento dei principi non adeguatamente riconosciuti dai sensi. L'astronomia non rinnega la materialità dei corpi celesti e svolge la propria funzione esplicativa senza scindere il legame con l'empirico. Il compito di salvare i fenomeni si concretizza nella riconduzione dell'insieme dei comportamenti, originariamente colti dall'osservatore, a fondamenti di natura matematica, nonostante la tendenza a privilegiare una rigorosa spiegazione a scapito di un resoconto adeguato del fenomeno fisico³¹.

Il proposito di conciliazione tra esperienza e teoria si pone sia come principio operativo delle indagini astronomiche tra la seconda metà del V e il IV secolo sia come criterio, adottato in *APo*. A 13, per la presentazione delle scienze subalterne. La riflessione aristotelica sulla scienza e i procedimenti adoperati dagli astronomi manifestano una straordinaria affinità sul piano metodologico. L'istituzione di un collegamento tra fase ὄτι e fase διότι appare conforme al metodo astronomico: da una parte le registrazioni accurate dei fenomeni

28. Un esempio di diretta corrispondenza tra osservazione e costruzione teorica si trova nel già citato passo aristotelico di *Cael.* B 14, 297a2-6.

29. Aristot. *Metaph.* L 8, 1073b32-1074a12.

30. Aristot. *Phys.* B 2, 193b22-30. Sul carattere matematico delle fisica aristotelica cfr. Hussey 1991.

31. Per una ricostruzione degli sviluppi dell'astronomia greca con particolare riferimento all'età classica cfr. Dicks 1970, pp. 62-219; Heglmeier 1996; Lloyd 1970, pp. 80-98 (trad. it. 1978, pp. 79-96); Lloyd 1991, pp. 141-163, 248-277 (trad. it. 1993, pp. 243-280, 425-475). Sull'astronomia antica cfr. Franco Repellini 1980; Neugebauer 1975; van der Waerden 1988; von Fritz 1971, pp. 132-197. Per un approfondimento del principio della "salvezza dei fenomeni" nell'astronomia antica cfr. Carrier 2005; Franco Repellini 1989; Mittelstraß 1962; Zhmud 2005; Zhmud 2006, pp. 267-276.

celesti, dall'altra l'organizzazione rigorosa mediante dimostrazioni del materiale empirico accumulato.

Il procedimento astronomico trova la sua generalizzazione nelle categorie ὅτι e διότι, le quali potrebbero opportunamente identificare i due livelli di indagine pertinenti in linea generale a discipline a carattere fisico e matematico come ottica, armonica e meccanica. Aristotele però nel definire la nuova gerarchia dei saperi preferisce in un primo momento collocare le discipline subordinate ad uno stadio puramente fattuale, rappresentato dallo ὅτι. L'operazione appare problematica, se confrontata con l'effettivo statuto epistemologico dei saperi subalterni tra il V e la prima metà del IV secolo. All'interno dell'aritmetica e della geometria esistevano specifici settori dedicati all'applicazione delle nozioni matematiche a questioni di ottica, meccanica ed armonica, le quali designavano aree di ricerca non riconducibili alla categoria ὅτι, se con essa si intende l'insieme dei fatti empirici, come nel caso dell'astronomia osservativa. A differenza dell'astronomia le indagini afferenti alle discipline applicate tralasciavano completamente le acquisizioni derivate dall'esperienza.

È tuttavia evidente che l'analogia, istituita da Aristotele, tra ottica, meccanica, armonica ed astronomia osservativa non si fonda sulla considerazione delle suddette discipline in qualità di semplici sfere di applicazione dei principi matematici. Il momento unificante della classificazione dei saperi subordinati potrebbe allora essere rintracciato proprio nella comune natura fisica dei rispettivi oggetti di ricerca, alla cui percezione sono deputate le facoltà sensibili. L'identificazione aristotelica della conoscenza ὅτι con un livello puramente empirico appare così plausibile, nonostante la mancanza di adeguati riscontri nel contesto scientifico dell'epoca.

(2) Ad arricchire il quadro delle discipline subalterne concorre la successiva affermazione di Aristotele, la quale sancisce uno stretto collegamento tra ὅτι e διότι, cioè tra la constatazione di un evento e la sua dimostrazione, nell'ambito di una più ampia area del sapere capace di comprendere settori disciplinari affini.

Aristot. *APo.* A 13, 78b39-79a6: σχεδὸν δὲ συνώνυμοί εἰσιν ἔναια τούτων τῶν ἐπιστημῶν, οἷον ἀστρολογία ἢ τε μαθηματικὴ καὶ ἡ ναυτικὴ, καὶ ἀρμονικὴ ἢ τε μαθηματικὴ καὶ ἡ κατὰ τὴν ἀκοήν. 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 ἔνια 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 osservazione³².

32. I passi, in versione italiana, degli *Analitici secondi* inseriti nel presente contributo sono tratti da Mignucci 2007.

Secondo la formulazione tecnica, contenuta nelle *Categorie*, due oggetti si dicono sinonimi quando hanno in comune il nome e la definizione ad esso corrispondente è la medesima³³. L'astronomia nautica (ἀστρολογία ναυτική) e l'astronomia matematica (ἀστρολογία μαθηματική) condividono il nome "astronomia" (ἀστρολογία), che presenta lo stesso significato in entrambi i casi. La connessione tra le due discipline non è semplicemente nominale, ma appare motivata dal comune oggetto di ricerca, cioè lo studio del movimento delle sfere celesti, che identifica più in generale il campo di indagine dell'astronomia nella sua interezza. Si può presumere che la branca empirica dell'astronomia si occupi di registrare le variazioni visibili dei moti degli astri e che la branca matematica fornisca modelli rigorosi delle loro traiettorie.

Aristotele presenta una partizione dell'astronomia che contribuisce a precisare la distinzione, precedentemente tracciata, tra astronomia osservativa (τὰ φαινόμενα) e astronomia (ἀστρολογική). Nonostante la simmetria tra i termini delle due relazioni, l'espressione ἀστρολογία ναυτική richiede un approfondimento, soprattutto alla luce della sua corrispondenza con τὰ φαινόμενα. Sebbene alcuni interpreti sottolineino la valenza descrittiva ed altri la finalità tecnica della disciplina, la ἀστρολογία ναυτική può essere verosimilmente intesa come l'insieme dei resoconti delle osservazioni sui corpi celesti, effettuate per gli scopi puramente pratici della navigazione³⁴.

L'ambito semantico abbracciato da τὰ φαινόμενα appare più ampio di quanto connotato da ἀστρολογία ναυτική³⁵. Tra τὰ φαινόμενα e ἀστρολογία ναυτική sussiste un rapporto di inclusione: le descrizioni empiriche dei naviganti rappresentano una parte delle osservazioni generali sugli astri. La scelta di contrapporre all'astronomia matematica l'astronomia nautica è probabilmente dettata da una esigenza tematica: dovendo enunciare casi di scienze pressappoco sinonime, Aristotele rintraccia nella ἀστρολογία ναυτική un adeguato termine di confronto per la ἀστρολογία μαθηματική sia in virtù della particolare denominazione sia in virtù del suo carattere totalmente empirico. La preoccupazione di esibire una corrispondenza tra parte osservativa e parte matematica sembra prevalere su una precisa valutazione dei termini della relazione.

A titolo di scienze quasi sinonime Aristotele prende in considerazione anche l'armonica matematica (ἁρμονική μαθηματική) e l'armonica acustica (ἁρμονική κατὰ τὴν ἀκοήν), in quanto entrambe sono "armonica" (ἁρμονική). Più specificamente si può ipotizzare che la prima esamini le leggi aritmetiche costitutive della melodia e la seconda indirizzi l'attenzione alla melodia percepita dall'udito. La differenza tra le due discipline non sussisterebbe quindi nell'oggetto di studio, ma nella considerazione cui esso sarebbe sottoposto. L'introduzione del rapporto di sinonimia, ben più impegnativo di una

33. Aristot. *Cat.* 1, 1a6-7: συνώνυμα δὲ λέγεται ὧν τό τε ὄνομα κοινὸν καὶ ὁ κατὰ τοῦτομα λόγος τῆς οὐσίας ὁ αὐτός [...].

34. Cfr. LSJ s. v.; Barnes 1994, p. 161; Detel 1993, zweiter Halbband, pp. 302-303; Mignucci 1975, pp. 315-316; Ross 1949, p. 555.

35. Cfr. Tricot 1970, p. 78 n. 1.

semplice condivisione del nome, espressa dalla omonimia³⁶, potrebbe essere finalizzata a riformulare la distinzione tra empiria e matematica nell'assetto di un'unica area del sapere e non più in riferimento a due discipline totalmente scisse.

Riconoscendo la coesistenza di una branca aritmetica e di una branca sonora nel più ampio ambito dell'armonica, Aristotele sembrerebbe rimodulare la divisione delle scienze secondo uno schema che tende a privilegiare e a salvaguardare l'autonomia metodologica di ciascun sapere, dal momento che la conoscenza *ὄτι* e la conoscenza *διότι* non identificano settori nettamente separati. Il collegamento tra armonica matematica ed armonica acustica autorizza una sistemazione coerente dell'armonica nel suo complesso, in qualità di forma di sapere volta all'interpretazione razionale delle percezioni uditive. Aristotele sembra riconoscere all'astronomia e all'armonica una sfera propria di principi, i quali, sebbene di carattere aritmetico o geometrico, sono inglobati nel corpo dei contenuti di ciascuna disciplina.

Il progetto aristotelico di unità operativa tra esperienza e razionalità non riflette però la situazione effettiva dell'armonica. Da una rassegna delle diverse correnti, che si formarono in seno alle indagini in campo musicale nel V e nella prima metà del IV secolo, emerge la compresenza di due orientamenti, identificabili a grandi linee con i Pitagorici e con gli Armonici. I due gruppi erano unilateralmente contraddistinti da un approccio razionale e da un approccio empirico. I Pitagorici spiegavano l'armonia tra i suoni non sulla base della percezione sensoriale, ma rintracciando, in corrispondenza degli intervalli musicali, i rapporti numerici, quali fondamenti di una perfezione che regola la melodia. Gli Armonici si contraddistinguevano per una attenzione all'aspetto acustico a fini prevalentemente pratici, come l'uso di strumenti o la composizione di sistemi di notazione musicale.

La netta disarticolazione dei settori disciplinari in un ramo pratico e in un ramo teorico costituiva lo scenario delle ricerche musicali nel momento in cui Aristotele elaborava la dottrina della dimostrazione. Contrariamente al caso dell'astronomia gli orientamenti empirici e gli orientamenti razionali procedevano parallelamente, poiché tra di essi sussisteva una palese inconciliabilità³⁷. Negli *Analitici secondi* la riflessione sulle discipline subordinate si muove però in direzione opposta all'assetto dell'armonica contemporanea, rintracciando un collegamento tra ambiti di ricerca affini, che nella scienza contemporanea ad Aristotele erano assolutamente separati. Il criterio della connessione tra sapere pratico e sapere teorico, in base al quale è riformulata la divisione delle scienze, risulta del tutto estraneo agli indirizzi musicali dell'epoca.

La constatazione della scissione dei saperi in branche empiriche e matematiche faceva da contraltare al progetto aristotelico di una ricomposizione non meramente nominale tra campi di indagine tematicamente omogenei. Se da

36. Aristot. *Cat.* 1, 1a1-3.

37. Un'ampia ricostruzione delle scuole e degli indirizzi di pensiero nell'armonica greca classica è fornita da Barker 2007.

una parte Aristotele, mediante l'introduzione della nozione di sinonimia, tenta di ricongiungere approcci differenti, accomunati dalla condivisione degli oggetti di ricerca, dall'altra deve fare i conti con una innegabile frammentazione disciplinare. Aristotele propone una revisione dei rapporti tra i saperi, pur teorizzando lo statuto delle scienze subordinate a partire dall'impostazione concettuale condivisa dagli studiosi dell'epoca.

Inevitabilmente la permanenza di un assetto consolidato nel corso dei secoli condiziona in modo rilevante il ripensamento complessivo dell'universo scientifico e delle sue articolazioni interne. In primo luogo Aristotele contrappone l'osservatore di fatti empirici (αἰσθητικός) allo studioso di enti matematici (μαθηματικός)³⁸, rinunciando ad individuare un unico esperto in riferimento ad una ipotetica unica disciplina comprensiva di un aspetto pratico e di uno razionale, secondo la struttura vagamente abbozzata in riferimento all'astronomia e all'armonica.

In secondo luogo si introduce un'analogia tra i matematici, che possiedono le dimostrazioni di fatti di cui spesso non hanno nemmeno conoscenza, e quanti studiano gli universali, i quali frequentemente ignorano gli oggetti particolari per mancanza di osservazione. Il confronto si fonderebbe su una implicita distinzione tra conoscenza delle cause e conoscenza degli universali, che in realtà non sussiste nelle intenzioni dello Stagirita: conoscenza della causa e conoscenza dell'universale coincidono, poiché la causa è universale. Aristotele mantiene così la distanza tra le indagini empiriche, fondate sulla percezione di eventi particolari, e le scienze matematiche, basate sullo studio dimostrativo di comportamenti universali.

La collaborazione prospettata tra ambiti distinti afferenti ad un medesimo oggetto comporta l'istituzione di una serie di relazioni disciplinari nelle quali convergono le competenze settoriali degli esperti. La congiunzione tra ὅτι e διότι, pur trovando riscontro nella condivisione del campo di indagine, non comporta la fondazione di una nuova singola scienza a cui dovrebbe verosimilmente corrispondere una specifica figura di studioso impegnato sia nella collezione dei dati percepiti sia nella verifica e nell'applicazione dei principi matematici.

Le indagini empiriche e teoriche però, nonostante siano rispettivamente affidate ad esperti di differente formazione, come accadeva nel contesto scientifico dell'epoca, sono associate in una più generale area del sapere. Aristotele in altre parole rintraccia uno spazio di cooperazione, non identificabile con una scienza in senso proprio, nel quale le divergenti prospettive di ricerca e le molteplici conoscenze degli studiosi trovano unità nella spiegazione matematica delle attestazioni sensibili. Aristotele sembra così proporre una originale connessione metodologica tra approcci di indagine inerenti ai medesimi contenuti.

38. Bonitz rileva che Aristotele usa spesso αἰσθησις in opposizione ad ἐπιστήμη (20b25-52) ed osserva che «in doctrinis cum mathematica cognatis distinguitur ἀστρολογία, ἁρμονική, ὀτική μαθηματική ab αἰσθητικῇ» (441b10-2).

(3) La demarcazione tra scienze matematiche ed empiriche è confermata nel periodo successivo, in cui Aristotele si sofferma sul diverso livello di astrazione posseduto dagli oggetti dell'aritmetica e della geometria. Come riconosciuto dagli interpreti, il passo presenta alcune difficoltà e il suo contenuto appare chiaro solo in linea generale.

Aristot. *APo.* A 13,79a6-10: ἔστι δὲ ταῦτα ὅσα ἕτερόν τι ὄντα τὴν οὐσίαν κέχρηται τοῖς εἴδεσιν. τὰ γὰρ μαθήματα περὶ εἶδη ἐστίν· οὐ γὰρ καθ' ὑποκειμένου τινός· εἰ γὰρ καὶ καθ' ὑποκειμένου τινός τὰ γεωμετρικά ἐστίν, ἀλλ' οὐχ ἢ γε καθ' ὑποκειμένου.

Le cose in questione sono quelle che si servono delle forme pur essendo sostanzialmente diverse da esse. Infatti la matematica riguarda le forme, perché i suoi oggetti non si dicono di un qualche soggetto. Infatti gli oggetti geometrici, anche se si dicono di un soggetto, non vengono considerati in quanto si dicono di un soggetto.

Lo studioso di matematica opera su determinazioni come retto, quadrato, cilindro, le quali sono assunte come forme (εἶδη), sebbene siano essenzialmente qualcosa di diverso (ἕτερόν τι ὄντα τὴν οὐσίαν), cioè accidenti che appartengono ad un sostrato. Nel teorema “ogni triangolo ha la somma degli angoli interni uguali a due retti” la nozione “triangolo” è considerata come una sostanza, ma in realtà essa è una proprietà che compete agli oggetti fisici. La matematica tratta i suoi oggetti come se fossero enti, sebbene essi si configurino realmente come affezioni³⁹. L'esperto di geometria non esamina la linea in quanto linea fisica, vale a dire inerente ad un determinato sostrato, ma in quanto geometrica, poiché separabile mediante un atto del pensiero dall'oggetto sensibile cui attiene⁴⁰.

La caratterizzazione della natura generale ed astratta degli enti matematici sembrerebbe coerente con la divisione dei saperi in ὄτι e διότι: le discipline, che indagano mediante la sensazione oggetti particolari nel loro aspetto materiale, si limiterebbero a prendere atto di alcuni comportamenti che si verificano con regolarità; le discipline, che studiano le forme pure, disporrebbero dei fondamenti utili alla dimostrazione dei fatti resi noti dalle corrispondenti branche empiriche. Solo le scienze matematiche come aritmetica e geometria conducono alla conoscenza di ciò che è universale e necessario, cioè al sapere scientifico e dimostrativo, che per sua natura non può contemplare eventi particolari e contingenti.

La precisazione aristotelica relativa al carattere degli oggetti su cui operano le scienze matematiche pure si pone però in modo problematico rispetto alla precedente constatazione dell'esistenza di un rapporto di sinonimia tra alcune discipline. L'attestazione del grado di astrazione delle matematiche non è conciliabile con l'ammissione di un collegamento tra discipline sulla base dell'oggetto di indagine, seppure considerato secondo differenti prospettive. Aritmeti-

39. Cfr. Barnes 1994, pp. 161-162.

40. Cfr. Aristot. *Phys.* B 2, 193b31-5, 194a7-12; *Cael.* Γ 1, 299a13-7; *Metaph.* M 3, 1077b17 sgg. Sulla natura degli oggetti matematici in Aristotele cfr. Detel 1993, erster Halbband, pp. 189-232; Mueller 1970.

ca e geometria svolgono le loro ricerche rispettivamente su numeri e linee, senza considerare gli enti a cui tali determinazioni effettivamente ineriscono. Lo studioso di aritmetica non indaga il numero in quanto proprietà del suono, ma solamente il numero in quanto numero.

La subordinazione della conoscenza del che alla conoscenza del perché è in realtà esemplificata in *APo.* A 13, 78b38 mediante il riferimento all'armonica e all'aritmetica e in *APo.* A 13, 79a1-2 attraverso il caso dell'armonica acustica e dell'armonica matematica. Tra le due coppie, in cui Aristotele ravvisa la stessa connessione tra ὄτι e διότι, il principale elemento di novità è costituito dall'armonica matematica, la quale propriamente non è una scienza matematica pura, pur facendo parte del plesso delle matematiche. Essa, assumendo come oggetto il numero in quanto suono, si occupa dell'applicazione dei principi aritmetici nello studio della melodia.

L'armonica matematica e allo stesso titolo l'astronomia matematica, identificabili approssimativamente come "scienze applicate", considerano oggetti che sono percettivamente esperibili, quali la melodia e il moto astrale, a prescindere dai loro aspetti empirici. Aristotele precisa così il rapporto tra conoscenza ὄτι e conoscenza διότι avvalendosi di forme di sapere che sono in qualche modo "intermedie" tra la teoria e l'esperienza: esse, pur muovendosi ad un livello di astrazione inferiore alla scienze matematiche pure, forniscono una spiegazione generale ed al contempo adeguata dei fenomeni acustici e celesti. Aritmetica e geometria al contrario, a causa del carattere dei propri oggetti, non sono in grado di rendere conto in modo diretto di eventi empirici, pur disponendo di teoremi che contribuiscono alla comprensione degli stessi. L'applicazione dei principi della matematica pura richiede dunque una mediazione che è appropriatamente svolta dalle cosiddette scienze applicate.

La condivisione del campo di indagine risulta un requisito essenziale nell'istituzione di un rapporto di collaborazione tra i saperi. L'affermazione della subordinazione dell'ottica alla geometria, dell'armonica e all'aritmetica, della meccanica alla stereometria, nonostante abbia il pregio di una immediata chiarezza, rischia di essere generica, poiché richiede una più accurata precisazione in merito alla disciplina che effettivamente ha il compito di fornire le ragioni di quanto attestato nelle indagini empiriche. Non a caso Aristotele nell'approfondire lo statuto dell'ottica preferisce indicare l'ottica matematica anziché la geometria come disciplina delegata alla spiegazione delle percezioni visive.

(4) Il criterio del collegamento tra conoscenza fenomenica (ὄτι) e sapere razionale (διότι) trova riscontro in una serie di relazioni composte da due discipline, le quali sono rispettivamente conformi ad un livello fattuale e ad un livello esplicativo: ottica e geometria; armonica e aritmetica; meccanica e stereometria; astronomia osservativa e astronomia; astronomia nautica e astronomia matematica; armonica acustica e armonica matematica. Le coppie delineate non sono irrelate, in quanto tra di esse sussistono talvolta specifici rimandi. Alcune scienze manifestano molteplici connessioni disciplinari e pertanto compaiono in più relazioni di dipendenza, assolvendo spesso funzioni differenti. Aristotele menziona il caso dell'ottica, la quale si pone da una parte

come sapere ὅτι, subordinato alla geometria, e dall'altra come sapere διότι, sovraordinato alla teoria dell'arcobaleno.

Aristot. *APo.* A 13, 79a10-3: ἔχει δὲ καὶ πρὸς τὴν ὀπτικήν, ὡς αὕτη πρὸς τὴν γεωμετρίαν, ἄλλη πρὸς ταύτην, οἷον τὸ περὶ τῆς ἴριδος· τὸ μὲν γὰρ ὅτι φυσικοῦ εἰδέναι, τὸ δὲ διότι ὀπτικῷ, ἢ ἀπλῶς ἢ τοῦ κατὰ τὸ μάθημα.

Nello stesso rapporto in cui è l'ottica con la geometria è con l'ottica un'altra scienza, precisamente quella dell'arcobaleno. Infatti sapere *che* spetta al fisico e sapere *perché* all'ottico, o all'ottica semplicemente o a quella matematica.

La teoria dell'arcobaleno (τὸ περὶ τῆς ἴριδος), approfondita da Aristotele nel terzo libro dei *Meteorologica*, nella sezione compresa tra i capitoli 2 e 5, è un complesso studio geometrico del suddetto fenomeno visivo⁴¹. Essa fu successivamente inclusa nella più ampia disciplina chiamata "catottrica", cioè teoria degli specchi. In *APo.* A 13, 79a10-3 Aristotele intende probabilmente prendere in considerazione la disciplina subordinata all'ottica, cioè la catottrica, ma, non disponendo della corrispondente denominazione, colloca in suo luogo la teoria dell'arcobaleno⁴².

La constatazione del carattere geometrico della teoria dell'arcobaleno e della successiva catottrica sembrerebbe deporre a sfavore di un orientamento esclusivamente empirico delle due discipline. In realtà la teoria dell'arcobaleno, così come presentata nei *Meteorologica*, è il risultato della sistemazione razionale dei fenomeni osservati ed appartiene pertanto ad uno stadio conclusivo dell'esposizione scientifica. Aristotele al contrario negli *Analitici secondi* sta esaminando il processo che conduce alla scienza e di conseguenza nella presentazione della dottrina tende ad isolare con precisione gli elementi e le facoltà che intervengono nella formazione del sapere.

La relazione tra teoria dell'arcobaleno ed ottica si fonda sulla connessione tra l'osservazione degli eventi naturali, demandata al φυσικός, e la conoscenza dei principi di ottica, area di competenza dell'ὀπτικός. Il termine φυσικός, adoperato per indicare lo studioso della natura, lo scienziato naturale⁴³, è qui usato specificamente per denominare colui che descrive eventi di carattere percettivo come l'arcobaleno. Il sapere perché si verificano determinati fenomeni di riflessione della luce spetta all'ὀπτικός o in quanto studioso di ottica semplicemente (ὀπτικὸς ἀπλῶς) o in quanto studioso di ottica matematica (ὀπτικὸς κατὰ τὸ μάθημα).

Dal momento che l'ὀπτικὴ κατὰ τὸ μάθημα equivale alla parte matematica dell'ottica, si potrebbe ipotizzare che l'ὀπτικὴ ἀπλῶς inglobi sia l'aspetto geometrico sia l'aspetto osservativo della disciplina, corrispondenti l'uno all'ottica matematica e l'altro alla teoria dell'arcobaleno o all'insieme di nozioni suc-

41. Un'analisi dei contenuti matematici affrontati nei *Meteorologica* si trova in Heath 1970, pp. 181-190.

42. Barnes 1994, p. 159; Heath 1970, pp. 60-61.

43. Cfr. LSJ s. v. e Bonitz 834b43-835b22.

cessivamente denominato catottrica⁴⁴. Risulta tuttavia difficile accertare la natura dell'ὄπτική ἀπλῶς, dal momento che Aristotele si limita ad una sua cursoria menzione come alternativa all'ὄπτική κατὰ τὸ μάθημα, con cui è posta sullo stesso piano in qualità di conoscenza διότι rispetto alla teoria dell'arcobaleno.

Aristotele sembrerebbe ricercare anche in questo caso una relazione di sinonimia tra i settori disciplinari afferenti allo studio dei raggi visivi, sebbene nel vocabolario scientifico dell'epoca, ancora in via di formazione, sia assente una espressione precisa per identificare opportunamente la branca empirica dell'ottica. Così come accade nel caso dell'astronomia nautica e dell'astronomia matematica e nel caso dell'armonica acustica e dell'armonica matematica, l'ottica osservativa, identificata dalla locuzione τὸ περὶ τῆς ἴριδος, e l'ottica matematica (ὄπτική κατὰ τὸ μάθημα) o l'ottica in generale (ὄπτική ἀπλῶς) assolverebbero le rispettive funzioni di enumerazione e spiegazione dei fenomeni.

A partire da Ross⁴⁵ alcuni esegeti contemporanei, tra cui Barnes⁴⁶ e McKirahan⁴⁷, hanno avanzato l'ipotesi secondo cui in *APo.* A 13, 79a10-3 si configurerebbe una nuova gerarchia tra le discipline, composta da tre livelli: il primo, rappresentato dalle scienze matematiche pure, è deputato allo studio di teoremi a carattere generalissimo sui numeri e sulle figure piane e solide; il terzo, identificato dalle discipline empiriche, è indirizzato alla registrazione di alcuni eventi naturali; il secondo, costituito dalle scienze matematiche applicate, è destinato alla spiegazione rigorosa dei fatti scoperti dalle discipline appartenenti al terzo livello. Casi di subordinazione multipla sarebbero costituiti da geometria, ottica matematica, teoria dell'arcobaleno e da aritmetica, armonica matematica, armonica acustica. La relazione tra astronomia, astronomia matematica e astronomia nautica o osservativa, desumibile da *APo.* A 13, 78b34-79a6, configura invece una situazione a parte, dato che nella posizione riservata alle scienze matematiche pure è collocata l'astronomia in luogo della geometria. In sintonia con gli avanzamenti scientifici dell'epoca Aristotele vuole probabilmente riconoscere all'astronomia un'autonomia nel metodo e nei contenuti, i quali comunque non prescindono da una trattazione di tipo matematico.

L'istituzione di gerarchie disciplinari tripartite, non presente in modo esplicito nel testo aristotelico, né disarticola né mette in discussione la connessione generale tra sapere ὅτι e sapere διότι, ma anzi trova in essa il suo criterio costitutivo. Il livello intermedio si pone infatti alternativamente come ὅτι rispetto alla disciplina sovraordinata e come διότι rispetto alla disciplina subalterna: esso da una parte si avvale dei principi propri della scienza superiore nella di-

44. Cfr. Ross 1949, p. 555; Barnes 1994, p. 159. Bonitz (519b58-60) osserva «ἡ ὄπτική, τὰ ὀπτικά quomodo et ad physicam et ad mathematicam doctrinam referantur».

45. Ross 1949, pp. 554-555.

46. Barnes 1994, pp. 159-160.

47. McKirahan 1978.

mostrazione di alcuni teoremi, dall'altra rende ragione delle percezioni registrate nelle indagini empiriche. La funzione di collegamento svolta dai saperi intermedi, quali astronomia matematica, armonica matematica e ottica matematica, garantisce la continuità tematica dell'indagine scientifica. L'ottica matematica per esempio, avendo come campo di indagine la linea in quanto raggio visivo, permette l'applicazione di principi geometrici altamente astratti a concreti fenomeni di riflessione della luce.

La riconduzione della conoscenza ὅτι alla conoscenza διότι nella comprensione delle proprietà ottiche, così come nella spiegazione delle osservazioni astronomiche e analogamente nell'interpretazione delle questioni di meccanica, rappresenta un passo decisivo in prospettiva di una riorganizzazione coerente e di una legittimazione sul piano scientifico dei saperi subordinati. I due momenti di indagine emersi, uno empirico e l'altro teorico, storicamente operativi in modo autonomo, troverebbero un punto di congiunzione nella condivisione dei contenuti della ricerca, destinati a non essere più sottoposti ad una considerazione esclusivamente fenomenica o razionale.

L'accenno ad un duplice approccio per quanto riguarda l'ottica e la meccanica sollecita un chiarimento dello stato in cui effettivamente entrambe le discipline si trovavano all'epoca di Aristotele, anche in vista di un confronto con la situazione dell'armonica e dell'astronomia. Nonostante la collocazione cronologica l'*Ottica* di Euclide costituisce, tra le assai carenti testimonianze a disposizione, un cospicuo riferimento per tentare di delineare l'assetto della disciplina nel IV secolo. Euclide presenta una trattazione quantitativa delle percezioni, accantonando gli aspetti puramente fisici e qualitativi, quali luci e colori. Egli assume come oggetto di indagine i fenomeni rilevati dall'osservatore, dei quali fornisce una rappresentazione grafica attraverso linee ed angoli, corrispondenti rispettivamente ai raggi e agli angoli visuali. La trasposizione del fenomeno su un piano puramente geometrico permette la costruzione di un sistema che si propone di contribuire all'intelligibilità del fenomeno visivo in esame⁴⁸.

La documentazione relativa agli sviluppi della meccanica nel V e nel IV secolo è alquanto scarsa e si riduce sostanzialmente ai *Mechanica*, opera spuria dello Stagirita, scritta con un linguaggio tecnico accurato, simile a quello euclideo, e con uno stile tipicamente aristotelico. Il trattato, probabilmente composto nella scuola peripatetica, è una collezione di problemi riguardanti soprattutto l'uso della leva (μοχλός), quale strumento che permette spostamenti di ingenti masse di peso mediante applicazione di ridotte quantità di forza. Sebbene negli *Analitici secondi* la meccanica sia subordinata alla stereometria, nei *Mechanica* il principio della leva è spiegato mediante il riferimento alla geometria piana e specificamente a proposizioni riguardanti i cerchi. La duplicità disciplinare della meccanica è evidente nell'adozione di teoremi di matematica per lo studio di applicazioni pratiche che rientrano nella sfera della fisica⁴⁹.

48. Per una ricostruzione dei procedimenti dell'ottica nell'età classica cfr. Smith 1981.

49. Aristot. *Mech.* 847a11-b16. Una selezione ed un commento dei passi a carattere matematico, presenti nei *Mechanica*, si trovano in Heath 1970, pp. 227-254. Un approfondi-

L'impostazione teorica adottata nell'*Ottica* e nei *Mechanica* mostra di accogliere la concezione incentrata sul collegamento tra razionalità ed esperienza, la quale trova per la prima volta avallo teorico negli *Analitici secondi*. Si può attendibilmente presumere che gli autori delle due opere siano in qualche misura debitori della lezione aristotelica e che l'*Ottica* e i *Mechanica*, pur fornendo un valido esempio di subordinazione tra due discipline, esibiscano un livello di maturità scientifica non comparabile con gli studi condotti negli stessi settori durante la prima parte del IV secolo o più precisamente nel periodo in cui Aristotele elaborava gli *Analitici secondi*.

Le scarsissime informazioni a proposito dell'ottica e della meccanica tra il V e la prima metà del IV secolo concordano nel riconoscere ai Pitagorici preliminari contributi. In particolare ad Archita sono state attribuite una teoria geometrica della visione e uno studio a carattere matematico sulla meccanica⁵⁰. Si tratta probabilmente di tentativi effettuati in settori di ricerca emergenti, ancora poco esplorati o marginali, le cui elaborazioni metodologiche erano comprensibilmente ad uno stadio elementare. L'approfondimento di questioni di natura tecnica era verosimilmente disincentivato dal discredito che circondava le rilevazioni sensibili. Alla fondazione epistemologica di ottica e meccanica potrebbe aver contribuito la riabilitazione delle indagini fisiche compiuta da Aristotele e la conseguente legittimazione anche in ambito scientifico della trattazione dei contenuti empirici, da cui difficilmente entrambe le discipline potevano prescindere.

(5) Il quadro delle connessioni disciplinari è completato dalla considerazione di alcuni casi di dipendenza tra scienze afferenti a generi nettamente distinti e dunque non legate da uno stabile rapporto gerarchico.

Aristot. *APo.* A 13,79a13-6: πολλὰ δὲ καὶ τῶν μὴ ὑπ' ἀλλήλας ἐπιστημῶν ἔχουσιν οὕτως, οἷον ἰατρικὴ πρὸς γεωμετρίαν· ὅτι μὲν γὰρ τὰ ἔλκη τὰ περιφερῆ βραδύτερον ὑγιάζεται, τοῦ ἰατροῦ εἰδέναι, διότι δὲ τοῦ γεωμέτρου.

Molte delle scienze che non sono subordinate l'una all'altra sono nella stessa situazione, come per esempio la medicina rispetto alla geometria. Spetta al medico sapere che le ferite circolari guariscono più lentamente, mentre il perché spetta al geometra.

Sussistono particolari situazioni in cui un fenomeno, indagato da una disciplina, è spiegabile mediante il ricorso ai principi di un'altra disciplina totalmente separata dalla prima. Al medico per esempio spetta sapere che le ferite circolari si rimarginano lentamente, mentre allo studioso di geometria compete conoscere il perché della cosa⁵¹. Filopono suppone che la lenta guarigione di siffatte ferite sia determinata o dalla proprietà dei cerchi di occupare maggiore area rispetto alle figure piane aventi uguale perimetro o più attendibilmente dalla maggiore distanza a cui si trovano i margini delle ferite circolari, i quali di conseguenza si ricongiungono con più difficoltà⁵².

mento della meccanica in Aristotele è stato condotto da Owen 1985. Per un quadro generale sulla meccanica nell'antichità cfr. Krafft 1970, in part. pp. 137-160, e Meißner 2005.

50. Sull'ottica e sulla meccanica in Archita cfr. Huffman 2005, pp. 76-83, 550-569.

51. Aristot. *APo.* A 13, 79a14-6.

52. Io¹. in *APo.* pp. 182.8-183.3 (ed. M. Wallies 1909).

Preferendo anteporre ad una rigorosa coerenza della dottrina una scrupolosa attestazione delle relazioni disciplinari che si realizzano nella pratica scientifica, Aristotele rende conto anche di casi che si pongono come palesi infrazioni del divieto della *μετάβασις ἐξ ἄλλου γένους*. Egli però non fa riferimento ad un costitutivo collegamento tra ambiti di ricerca che vertono su un medesimo oggetto, ma ad una occasionale collaborazione tra scienze indipendenti, come medicina e geometria, in merito ad un caso singolo ed isolato, quale le ferite circolari. Aristotele esemplifica così un tipo di connessione che, pur non essendo probabilmente infrequente, non può essere assimilato ai rapporti tra settori del sapere gerarchicamente ordinati.

Plausibilmente l'analogia istituita nel brano tra teoria dell'arcobaleno e ottica matematica da una parte e medicina e geometria dall'altra, le quali sono dette stare allo stesso modo (*ἔχειν οὕτως*), attiene esclusivamente al realizzarsi di una cooperazione tra i saperi e non coinvolge lo statuto generale delle discipline considerate. Non si può infatti equiparare la relazione, limitata a situazioni eccezionali, tra medicina e geometria al legame strutturale che sussiste tra teoria dell'arcobaleno e ottica matematica: a differenza delle nozioni di medicina, le proprietà ottiche dell'arcobaleno richiedono sistematicamente per la loro dimostrazione l'intervento di principi geometrici.

Enumerazione dei differenti criteri di esattezza scientifica

Il breve capitolo A 27 elenca i criteri in base ai quali è possibile stabilire i gradi di esattezza (*ἀκρίβεια*) tra le discipline. Aristotele precisa i casi in cui una scienza è più esatta (*ἀκριβεστέρα*) ed anteriore (*προτέρα*) rispetto ad un'altra: quando la prima possiede la conoscenza del "che" (*ὅτι*) e del "perché" (*διότι*), mentre la seconda dispone solo della conoscenza del "che" (*ὅτι*); quando la prima esamina le proprietà astraendole dal sostrato, dal cui riferimento invece la seconda non può prescindere; quando la prima è fondata su elementi più semplici della seconda⁵³.

In primo luogo la conoscenza dimostrativa, esplicativa e necessaria, è più precisa rispetto ad una conoscenza puramente fenomenica. La differenza tra i due livelli è sancita dal possesso degli appropriati fondamenti. Aristotele articola in modo insolito il rapporto tra *ὅτι* e *διότι*, i quali identificano sempre le fasi che strutturano il processo scientifico. Anziché l'ordinario dualismo tra conoscenza fattuale e conoscenza razionale, Aristotele contrappone il sapere *ὅτι* al sapere *ὅτι* – *διότι*: da una parte l'insieme delle rilevazioni empiriche, dall'altra la scienza delle rilevazioni empiriche e dei fondamenti ad esse pertinenti.

In secondo luogo una scienza, come l'aritmetica, che non si riferisce ad un sostrato (*ἐπιστήμη μὴ καθ' ὑποκειμένου*), è più esatta ed anteriore ad una scienza, come l'armonica, che si riferisce ad un sostrato (*ἐπιστήμη καθ' ὑποκειμένου*). A diversificare i due saperi è il grado di astrazione dei propri

53. Aristot. *APo.* A 27, 87a31-7.

oggetti. Alcune discipline come ottica e armonica hanno maggiore contiguità con la materia e non possono prescindere dall'elemento fisico, che anzi risulta parte integrante delle loro indagini. La materia però essendo di per sé inconoscibile, in quanto indeterminata, costituisce un ostacolo nell'apprensione delle forme, unico principio di conoscenza⁵⁴. Non bisogna pertanto pretendere in tutti i campi lo stesso livello di esattezza esibito da scienze matematiche come aritmetica e geometria, soprattutto qualora si faccia riferimento alla materia⁵⁵.

Infine Aristotele individua il terzo criterio per valutare l'esattezza di una scienza nella semplicità degli elementi su cui essa si fonda. L'aritmetica è più rigorosa della geometria, in quanto la prima assume come principio l'unità, sostanza senza posizione (μονὰς οὐσία ἄθετος), mentre la seconda il punto, sostanza dotata di posizione (στιγμὴ οὐσία θετός). Nel caso della geometria si verifica così una aggiunta (πρόσθεσις).

L'adozione del criterio dell'esattezza nella formulazione di una gerarchia dei saperi ha una chiara ascendenza platonica e trova piena attuazione nella classificazione delle scienze tracciata nel *Filebo*⁵⁶. La concezione dell'esattezza di una scienza sulla base dell'antiorità e semplicità del suo oggetto risulta assimilata e condivisa anche da Aristotele⁵⁷. L'aspetto più originale del capitolo è però rappresentato dalla contrapposizione tra scienza ὅτι e scienza ὅτι – διότι. A differenza di *APo.* A 13, 78b34-79a16 Aristotele non si limita ad evidenziare una connessione tra settori affini del sapere, ma sembra delineare una ricomposizione tra parte empirica e parte razionale all'interno di un'unica scienza. Sapere che la luna si eclissa è conoscenza dell'ὅτι; sapere che la luna si eclissa a causa dell'interposizione della terra è conoscenza dell'ὅτι e del διότι⁵⁸. Il sapere ὅτι – διότι non smentisce il sapere ὅτι, dal momento che la dimostrazione ingloba le nozioni empiriche, riconducendole a principi generali. La conoscenza della ragione per cui accade un evento comprende la conoscenza dell'evento stesso, ma non viceversa⁵⁹.

Il sapere ὅτι – διότι è più esatto rispetto al sapere ὅτι: il primo corrisponde presumibilmente alla conoscenza autenticamente scientifica e il secondo alla conoscenza accidentale, conformemente alla distinzione introdotta in *APo.* A 2⁶⁰. L'espressione ἀκριβής, originariamente adoperata in riferimento all'oggetto di una disciplina, è stata estesa da Aristotele anche ai procedimenti della scienza, al fine di mettere l'accento sulla centralità della dimostrazione, la quale connota la conoscenza come scientifica⁶¹. La caratterizzazione della scienza

54. Aristot. *Metaph.* Z 10, 1036a8-9.

55. Aristot. *Metaph.* α 3, 995a14-6.

56. Plat. *Phil.* 55c4-57e5.

57. Cfr. per esempio Aristot. *Metaph.* M 3, 1078a9-13.

58. L'esempio dell'eclissi di luna è formulato da Aristotele in *APo.* B 8, 93a29-b6.

59. Aristot. *APo.* B 8, 93a35-7.

60. La distinzione tra conoscenza scientifica e conoscenza accidentale, su cui si fonda la dottrina aristotelica della scienza, è illustrata in *APo.* A 2, 71b9-12.

61. Per uno studio sul significato di ἀκρίβεια e dei vocaboli appartenenti alla stessa area semantica si rimanda a Kurz 1970 ed in particolare alle pp. 124-151 e 156, dedicate ad Aristotele. Cfr. anche Bonitz 27b43-28a47.

come ὅτι – διότι risulta maggiormente rispondente alla costituzione aristotelica dei saperi e fornisce espressione all'ideale apodittico basato sulla congiunzione tra conoscenza del fatto e conoscenza della ragione del suo accadere.

Il capitolo A 27 giustappone due criteri difficilmente conciliabili nell'organizzazione dell'universo scientifico: il principio platonico della purezza del genere, attinente all'oggetto di una disciplina, e il principio aristotelico dell'unità operativa della scienza, attinente alla metodologia. La nuova disposizione dei saperi secondo il criterio ὅτι – διότι stravolge la partizione tradizionale, che sanciva la superiorità delle discipline matematiche pure. Il primato che deriva ad una scienza dall'essere ὅτι – διότι attiene infatti ai suoi procedimenti dimostrativi e non coincide con il primato scaturito dalla astrattezza o dalla semplicità degli enti di indagine. I due presupposti agiscono su livelli distinti, identificati rispettivamente dal metodo e dall'oggetto di studio, e contribuiscono pertanto a configurare ordini disciplinari differenti.

La stesura di *APo. A 27* si limita ad una concisa rassegna dei criteri di esattezza, i quali sono annotati senza una riflessione di ampio respiro, capace di metterne in luce l'incompatibilità oppure di ricercarne una eventuale continuità. È innegabile però che l'associazione dei procedimenti ὅτι e διότι nell'ambito di un'unica disciplina conferma l'originalità del ripensamento aristotelico dell'universo scientifico soprattutto in merito alle scienze subordinate.

Le ricostruzioni degli sviluppi dell'armonica, dell'astronomia e in misura minore dell'ottica e della meccanica nell'età classica attestano in linea generale la coesistenza di un settore empirico e di un settore matematico, incentrati sull'indagine del medesimo oggetto e talvolta identificati da un'unica denominazione. Il costitutivo dualismo delle scienze subordinate, che all'epoca del giovane Aristotele si manifestava nella crescita parallela di filoni di ricerca slegati tra loro, è motivato dalla duplice considerazione, fisica e matematica, qualitativa e quantitativa, cui erano sottoposti i rispettivi generi disciplinari.

I fenomeni tendevano ad essere tralasciati ed espunti dal ristretto ambito scientifico, in quanto semplici rilevazioni non dotate di alcuna connessione esplicativa. La consonanza di alcuni suoni uditi dall'orecchio per esempio non era di alcuna utilità né nello studio degli intervalli né nella verifica delle acquisizioni raggiunte nella teoria musicale. Nonostante il discredito da parte degli studiosi verso le percezioni sensibili, tutte le scienze subordinate annoveravano un ramo empirico, finalizzato alla registrazione degli eventi naturali soprattutto per scopi pratici, come nel caso dell'astronomia osservativa o nautica, dell'armonica acustica e della teoria dell'arcobaleno.

La presentazione aristotelica dei saperi subordinati pone maggiormente in evidenza la continuità tra gli ambiti afferenti ai medesimi oggetti, respingendo una esclusiva trattazione razionale dei generi disciplinari, a favore di un recupero in seno alla scienza del materiale derivato dalle rilevazioni sensibili. Aristotele individua nell'interpretazione matematica delle osservazioni il presupposto metodologico da cui far scaturire la dimostrazione di proprietà attinenti

alle discipline subordinate. La distinzione tra parte empirica e parte teorica, che strutturalmente contraddistingue i saperi subalterni, appare riconducibile ad un unico genere, esaminabile secondo un unico metodo in cui convergono distinti approcci.

Il fenomeno non è più respinto, in quanto non dotato di alcuna scientificità, ma è adeguatamente ricondotto ad un principio esplicativo generale di natura matematica che ne garantisce l'intelligibilità. Aristotele, pur non discostandosi dall'ideale pitagorico e platonico di una complessiva matematizzazione del reale, rifiuta un'eccessiva speculazione a favore di una sempre più stretta aderenza della teoria alle apparenze sensibili.

Il modello proposto da Aristotele trovava rispondenza nel modo di procedere dell'astronomia, scienza che forniva un concreto esempio di ricomposizione tra esperienza e dimostrazione, tra ὄτι e διότι. L'astronomia, in virtù del suo proposito di formulare rigorosi sistemi matematici dei movimenti astrali osservabili, rappresentava verosimilmente la disciplina in maggiore sintonia con il progetto aristotelico di spiegazione scientifica degli eventi del mondo fisico. Essa, più dell'aritmetica e della geometria, offriva un modello a cui le altre discipline intermedie tra fisica e matematica potevano aspirare, soprattutto a motivo del comune carattere materiale dei rispettivi oggetti di indagine.

La rivalutazione del settore empirico di ciascuna scienza, che non poteva ridursi a mero affastellamento di dati nelle mani dei pratici, e congiuntamente il richiamo all'appropriatezza dei principi rispetto alle proprietà da provare costituiscono i presupposti decisivi, enunciati negli *Analitici secondi*, che conducono al riconoscimento dei saperi subordinati come scienze dotate di un campo di indagine e di un metodo propri allo stesso titolo di aritmetica e geometria.

La scientificità di una disciplina non dipende più dalla purezza del suo oggetto, ma dalla capacità di produrre argomentazioni rigorose di eventi concretamente esperibili: l'adozione del criterio fondato sul collegamento tra ὄτι e διότι permette l'ammissione dei saperi subalterni nel novero delle scienze dimostrative. Astronomia, armonica, ottica e meccanica possono così essere coerentemente comprese nell'ambito della conoscenza propriamente scientifica, forma di sapere non accidentale, esplicativa e necessaria, tematizzata da Aristotele negli *Analitici secondi*.

Riferimenti bibliografici

- Barker 2007: Andrew Barker, *The Science of Harmonics in Classical Greece*, Cambridge University Press, Cambridge 2007.
- Barnes 1994: Aristotle, *Posterior Analytics*, translated with a commentary by Jonathan Barnes, Clarendon Press, Oxford 1994.
- Berti 1965: Enrico Berti, *L'unità del sapere in Aristotele*, Cedam, Padova 1965.
- Carrier 2005: Martin Carrier, *Die Rettung der Phänomene. Zu den Wandlungen eines antiken Forschungsprinzips*, in Gereon Wolters, Martin Carrier (Hrsg.), *Homo Sapiens und Homo Faber*, de Gruyter, Berlin-New York 2005, pp. 25-38.

- Corbini 2006: Amos Corbini, *La teoria della scienza nel XIII secolo*, Edizioni del Galluzzo, Firenze 2006.
- Detel 1993: Aristoteles, *Analytica posteriora*, übersetzt und erläutert von Wolfgang Detel, 2 Halbbände, Akademie Verlag, Berlin 1993.
- Dicks 1970: David R. Dicks, *Early Greek Astronomy to Aristotle*, Cornell University Press, Ithaca, N.Y. 1970.
- Elders 1966: Leo J. Elders, *Aristotle's Cosmology. A Commentary on the De Caelo*, van Gorcum, Assen, 1966.
- Franco Repellini 1980: Ferruccio Franco Repellini, *Cosmologie greche*, Loescher, Torino 1980.
- Franco Repellini 1989: Id., *Platone e la salvezza dei fenomeni*, «Rivista di storia della filosofia», XLIV (1989), pp. 419-442.
- Franco Repellini 2003: Id., *Astronomia e armonica*, in Platone, *La Repubblica*, traduzione e commento a cura di Mario Vegetti, vol. V, Bibliopolis, Napoli 2003, pp. 541-563.
- Heath 1970: Thomas L. Heath, *Mathematics in Aristotle*, Clarendon Press, Oxford 1970.
- Heglmeier 1996: Friedrich Heglmeier, *Die griechische Astronomie zur Zeit des Aristoteles. Ein neuer Ansatz zu den Sphärenmodellen des Eudoxos und des Kallippos*, in «Antike Naturwissenschaft und ihre Rezeption», herausgegeben von Klaus Döring, Bernhard Herzhoff, Georg Wöhrle, Bd. VI (1996), Wissenschaftlicher Verlag Trier, Trier, pp. 51-71.
- Huffman 2005: Carl A. Huffman, *Archytas of Tarentum. Pythagorean, Philosopher and Mathematician King*, Cambridge University Press, Cambridge 2005.
- Hussey 1991: Edward Hussey, *Aristotle's Mathematical Physics: A Reconstruction*, in Lindsay Judson (ed.), *Aristotle's "Physics": A Collection of Essays*, Clarendon Press, Oxford 1991.
- Jope 1972: James Jope, *Subordinate Demonstrative Science in the Sixth Book of Aristotle's «Physics»*, «Classical Quarterly», XXII (1972), pp. 279-292.
- Krafft 1970: Fritz Krafft, *Dynamische und statische Betrachtungsweise in der antiken Mechanik*, Steiner, Wiesbaden 1970.
- Kurz 1970: Dietrich Kurz, *Akribeia. Das Ideal der Exaktheit bei den Griechen bis Aristoteles*, Kümmerle, Göppingen 1970.
- Lasserre 1966: *Die Fragmente des Eudoxos von Knidos*, herausgegeben, übersetzt und kommentiert von François Lasserre, de Gruyter, Berlin 1966.
- Lloyd 1978: Geoffrey E. R. Lloyd, *Early Greek Science. Thales to Aristotle*, Chatto and Windus, London 1970, pp. 80-98 (trad. it. *La scienza dei Greci*, Laterza, Roma-Bari 1978, pp. 79-96).
- Lloyd 1991: Id., *Methods and Problems in Greek Science*, Cambridge University Press, Cambridge 1991, pp. 141-163, 248-277 (trad. it. *Metodi e problemi della scienza greca*, Laterza, Roma-Bari 1993, pp. 243-280, 425-475).
- McKirahan 1978: Richard D. McKirahan, *Aristotle's Subordinate Sciences*, «British Journal for the Philosophy of Science», XI (1978), pp. 197-220.
- McKirahan 1992: Id., *Principles and Proofs. Aristotle's Theory of Demonstrative Science*, Princeton University Press, Princeton 1992.
- Meißner 2005: Burkhard Meißner, *Die mechanische Wissenschaft und ihre Anwendungen in der Antike*, in Astrid Schürmann (Hrsg.), *Physik / Mechanik*, Steiner, Stuttgart 2005, pp. 129-144.
- Mignucci 1975: Mario Mignucci, *L'argomentazione dimostrativa in Aristotele. Commento agli Analitici secondi*, Antenore, Padova 1975.

- Mignucci 2007: Aristotele, *Analitici secondi. Organon IV*, a cura di Id., Laterza, Roma-Bari 2007.
- Mittelstraß 1962: Jürgen Mittelstraß, *Die Rettung der Phänomene. Ursprung und Geschichte eines antiken Forschungsprinzips*, de Gruyter, Berlin-New York, 1962.
- Mueller 1970: Ian Mueller, *Aristotle on Geometrical Objects*, «Archiv für Geschichte der Philosophie», LII (1970), pp. 156-171, ristampato in Jonathan Barnes, Malcolm Schofield and Richard Sorabji (eds.), *Articles on Aristotle*, vol. 3, *Metaphysics*, Duckworth, London 1979, pp. 96-107.
- Mueller 1982: Id., *Aristotle and the quadrature of the circle*, in Norman Kretzmann (ed.), *Infinity and Continuity in Ancient and Medieval Thought*, Cornell University Press, Ithaca – NY 1982, pp. 146-164.
- Neugebauer 1975: Otto Neugebauer, *A History of Ancient Mathematical Astronomy*, 3 voll., Springer, Berlin-Heidelberg-New York 1975.
- Owen 1961: Gwilym E. L. Owen, *Tithenai ta phainomena*, in Suzanne Mansion (éd.), *Aristote et les problèmes de méthode*, Publications universitaires de Louvain, Louvain-Paris 1961, pp. 83-103, ristampato in Julius M. E. Moravcsik, *Aristotle: A Collection of Critical Essays*, Doubleday, Garden City – N.Y. 1967, pp. 167-190 e in Jonathan Barnes, Malcolm Schofield and Richard Sorabji (eds.), *Articles on Aristotle*, vol. 1, *Science*, Duckworth, London 1975, pp. 113-126.
- Owen 1985: Gwilym E. L. Owen, *Aristotelian Mechanics*, in Allan Gotthelf (ed.), *Aristotle on nature and living things*, Mathesis Publications – Bristol Classical Press, Pittsburgh-Bristol 1985, pp. 227-245.
- Owens 1991: Id., *The Aristotelian Conception of the Pure and Applied Sciences*, in Alan C. Bowen (ed.), *Science and Philosophy in Classical Greece*, Garland Publishing, New York 1991, pp. 31-42.
- Ross 1949: *Aristotle's Prior and Posterior Analytics*, a revised text with introduction and commentary by William David Ross, Clarendon Press, Oxford 1949.
- Smith 1981: A. Mark Smith, *Saving the Appearances of the Appearances: The Foundations of Classical Geometrical Optics*, «Archive for History of Exact Sciences», XXIV (1981), pp. 73-99.
- Tricot 1970: Aristote, *Organon IV. Les Seconds Analytiques*, traduction nouvelle et notes par Jules Tricot, Vrin, Paris 1970.
- van der Waerden: Bartel L. van der Waerden, *Die Astronomie der Griechen*, Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 1988.
- von Fritz 1971: Kurt von Fritz, *Grundprobleme der Geschichte der antiken Wissenschaft*, de Gruyter, Berlin-New York 1971, pp. 132-197.
- Zabarella 1966: Jacobi Zabarella *Opera logica*, herausgegeben von Wilhelm Risse, Olms, Hildesheim 1966.
- Zhmud 2005: Leonid Zhmud, «Saving the phenomena» between Eudoxus and Eudemus, in Gereon Wolters, Martin Carrier (Hrsg.), *Homo Sapiens und Homo Faber*, de Gruyter, Berlin-New York 2005, pp. 17-24.
- Zhmud 2006: Id., *The Origin of the History of Science in Classical Antiquity*, de Gruyter, Berlin-New York 2006, pp. 267-276.