

**Cielo e terra
Fisica e Astronomia
Un antico legame**

Saggi di Storia della Fisica e dell'Astronomia e di Archeoastronomia
Dai congressi della SISFA e della SIA
14-18 settembre 2009

a cura di

Enrico R. A. Calogero Giannetto
Salvatore Ricciardo
&
Elio Antonello
Massimo Mazzoni

Quaderno della Scuola di Dottorato in Antropologia
ed Epistemologia della Complessità e del Centro di Ricerca ISHTAR

N. 12



Copyright © MMXIV
ARACNE editrice S.r.l.

www.aracneeditrice.it
info@aracneeditrice.it

via Raffaele Garofalo, 133/A-B
00173 Roma
(06) 93781065

ISBN 978-88-548-7206-6

*I diritti di traduzione, di memorizzazione elettronica,
di riproduzione e di adattamento anche parziale,
con qualsiasi mezzo, sono riservati per tutti i Paesi.*

*Non sono assolutamente consentite le fotocopie
senza il permesso scritto dell'Editore.*

I edizione: giugno 2014

Indice

- II Prefazione
Enrico R. A. Calogero Giannetto

Parte I Saggi di Storia della Fisica e dell'Astronomia

Fisica e Astronomia nella Rivoluzione Scientifica

- 17 La Nuova Fisica Copernicana
Anna De Pace
- 31 I mesi successivi alla stampa del *Sidereus Nuncius*
Francesco Castaldi
- 49 Predicazione e nuova scienza. I domenicani fiorentini contro Galileo (1610–15)
Luigi Guerrini
- 55 Incontro le osservazioni astronomiche di Galileo Galilei
Nicoletta Lanciano
- 67 Note Storiche sul carattere fisico del Trattato di Fortificazione di Galilei
Raffaele Pisano
- 77 John Donne e Thomas Harriot. Gli *Anniversari* e la *New Philosophy*
Audrey Taschini, Enrico R. A. Calogero Giannetto

- 85 Robert Boyle lettore di Descartes: leggi di natura e cause finali
Salvatore Ricciardo
- 103 Isaac Newton, la relatività, Henri More e la teologia della quarta dimensione
Enrico R. A. Calogero Giannetto
- 115 Note su scienza e tecnica
Raffaele Pisano, Danilo Capecchi
Fabrizio De Cesaris, Flavia Brenci
- 125 Il processo plurisecolare di nascita della scienza moderna
Antonino Drago
- 139 Aristotle's mechanics and virtual work principle
Danilo Capecchi
- 147 Giovanni Battista Amici alla Specola di Boboli in Firenze
Alberto Meschiari
- 155 Barnaba Oriani e il generale Bonaparte
Elio Antonello

Dalla Meccanica classica alla Fisica del Novecento

- 167 Beyond Classical Mechanics and Classical Thermodynamics: Duhem's wide-scope theoretical physics
Stefano Bordoni
- 177 Il tempo in fisica. Evoluzione storica tra certezze e ambiguità: il caso dell'irreversibilità e non solo
Barbara Villone, Francesca Calore
- 183 Storia del corpo nero: Planck ha ragionato in logica non classica
Antonino Drago

- 191 The Strange Equation of Dr. Sackur and Mr. Tetrode
Massimiliano Badino
- 199 Galileo e Oppenheimer: processo alla scienza
Vincenzo Cioci
- 207 Il celebre esperimento mentale del gatto
Salvo D'Agostino
- 215 Il versante fondazionale della Fisica italiana del primo Novecento
Arcangelo Rossi, Cristiano Buttarò
- 225 Alcune lettere di scienziati nell'Archivio della Fondazione D'Agostino
Giovanni Acocella
- 233 Fundamental times, lengths and physical constants: the known story and some unknown contributions by Ettore Majorana
Giovanni Salesi, Salvatore Esposito
- 239 An interesting research note by Majorana on melting thermodynamics in magnetic media
Giovanni Salesi, Michela Longo
- 245 La catalogazione delle carte di Augusto Occhialini
Massimo Mazzoni, Anna Corinna Citernesì
- 251 Cronologia delle contrastate vicende dei programmi nucleari civili italiani: ambizioni e improvvisazioni
Angelo Baracca, Matteo Gerlini
- 257 Strumenti scientifici antichi e divulgazione scientifica alla Città della Scienza di Napoli nell'Anno Galileiano
Laura Franchini

Parte II
Saggi di Archeoastronomia

- 267 La stella Spica e la Vergine
Elio Antonello
- 275 Gallieno imperatore tra le stelle
Ermanno A. Arslan
- 285 Il monumento funebre di Margherita di Brabante e l'orientamento della chiesa di San Francesco
Riccardo Balestrieri
- 295 La roccia del Sole a Paspardo (Brescia): una meridiana stagionale per gli uomini dell'età del rame
Giuseppe Brunod, Giuseppe Veneziano
- 309 Utilizzo di fasci di luce come indicatori puntuali di fenomeni astronomici nel Castellare di Pignone (La Spezia) e nel sito pre-etrusco di Poggio Rota (Grosseto)
Enrico Calzolari, Antonello Carrucoli
- 315 Il disegno delle tavole astronomiche del Collegio Romano
Cristina Cándito
- 323 The Knowledge of the aequinoctial precession before Hyp-
parcus
Mario Codebò
- 341 Ipotesi su origini e sviluppo dell'insediamento di Kampil
(U. P., India)
Annamaria Dallaporta, Lucio Marcato
- 351 Il cielo nel folklore italiano. Il caso del Cilento (Salerno)
Domenico Ienna

- 357 The Sacred Space at the time of the Solar Kings: Heliopolis, Giza, Abusir,
Giulio Magli
- 369 Calakmul (Mexico): il pianeta Venere (Noh Ek) nella geometria, struttura e orientamenti astronomici del sito
Silvia Motta, Adriano Gaspani
- 383 Le radici dell'astronomia moderna
Vito Francesco Polcaro, Andrea Martocchia
- 395 Il ruolo dell'astronomia culturale nella divulgazione della cultura scientifica
V. F. Polcaro
- 403 L'orologio di re Ruggero nel Palazzo dei Normanni di Palermo
Maria Luisa Tuscano

Prefazione

ENRICO R. A. CALOGERO GIANNETTO

Questo libro raccoglie e pubblica, purtroppo con molto ritardo, i testi (per ragioni editoriali ridotti) delle relazioni presentate al XXIX Congresso Nazionale della Società Italiana degli Storici della Fisica e dell'Astronomia (SISFA) tenutosi a Firenze, presso l'Osservatorio di Arcetri (dal 16 al 18 Settembre 2009), e al IX Convegno della Società Italiana di Archeoastronomia (SIA) (dal 14 al 16 Settembre 2009), tenuti congiuntamente in relazione alle celebrazioni dell'anno dell'astronomia e delle osservazioni telescopiche di Galileo (non dimenticando quelle di Thomas Harriot). Si è preferito organizzare i contributi, sottoposti a peer-review, separando quelli dei due congressi, e in una prospettiva tematica e storica per una più chiara e fruibile presentazione agli studiosi.

La pubblicazione di questo volume compare come Quaderno della Scuola di Dottorato in Antropologia ed Epistemologia della Complessità e del Centro di Ricerca di Studi Storici Transdisciplinari ISHTAR dell'Università degli Studi di Bergamo che attualmente coordino e le cui attività di ricerca si sono intrecciate negli ultimi anni con quelle della SISFA per una serie di convergenze sulle tematiche della storia della scienza.

Bergamo, 5 Marzo 2014

Enrico R. A. Calogero Giannetto

Presidente della SISFA 2006–2012

Coordinatore della Scuola di Dottorato in Antropologia
ed Epistemologia della Complessità e del Centro di Ricerca ISHTAR

PARTE I

SAGGI DI STORIA DELLA FISICA
E DELL'ASTRONOMIA

*FISICA E ASTRONOMIA
NELLA RIVOLUZIONE SCIENTIFICA*

La Nuova Fisica Copernicana

ANNA DE PACE

Sono molteplici i temi filosofici che intessono tutto il processo dimostrativo con cui nel Libro I del *De revolutionibus* Copernico conclude ai moti della Terra come al principio vero dell'assetto del mondo¹. Dovendo qui selezionare, ho scelto di considerare la teoria fisica presentata nei capp. 8 e 9: non perché, nelle intenzioni dell'autore, essa servisse a fondare la verità del cosmo. Tale compito, che la tradizione aristotelica riservava alla filosofia naturale, secondo canoni platonici cui aderisce dichiaratamente Copernico nel suo Proemio al Libro I², viene affidato all'astronomia filosofica, cioè a quell'astronomia che Platone, in specie nel VI e VII della *Repubblica*, invitava a riformare secondo il metodo dialettico in modo da superare il carattere ipotetico intrinseco alla disciplina e arrivare all'acquisizione epistemica della bellezza intelligibile dei cieli, ossia dell'ordinamento planetario e dell'invariante armonia matematica che in esso si esprime, manifestazione eminente dell'intelligenza e bontà divine. Tuttavia, nella lezione di Platone colta perfettamente da Copernico, tale ruolo dell'astronomia non autorizzava affatto a tralasciare l'indagine fisica. Per quanto il filosofo avesse spiegato che le cause fisico-meccaniche non sono in grado di fornire risposte univoche ai problemi che si presentano alla ragione, aveva sottolineato, in specie nel *Fedone* (97b–99d) e nel *Timeo* (46c–e, 68e–69a), che esse non possono essere trascurate nel processo dimostrativo. Ora, che proprio su questi aspetti teoretici Copernico

1. Cioè, nella dichiarazione di Copernico, il principio in grado di rivelare «la cosa principale, ossia la bellezza del mondo e la certa simmetria delle sue parti». Cfr. N. COPERNICO, *De revolutionibus caelestibus*, Dedicata a Paolo III, p. 251.74–85 (qui e in seguito i riferimenti sono alla recente edizione da me curata del Libro I del *De revolutionibus*, in A. DE PACE, *Niccolò Copernico e la fondazione del cosmo eliocentrico*, Bruno Mondadori, Milano 2009).

2. Per le citazioni nascoste dei dialoghi di Platone che si intrecciano nel Proemio al Libro I redatto da Copernico, Proemio assente dalle prime edizioni e ritrovato solo a metà Ottocento, rinvio all'Introduzione del volume sopra citato *Copernico filosofo*, pp. 18–21.

non fosse riuscito a conseguire risultati adeguati a un'interpretazione realista della cosmologia eliocentrica e a salvare i fenomeni che si arguiva si sarebbero prodotti su una Terra in rotazione è, com'è noto, un tema sul quale la storiografia copernicana ha espresso un giudizio sostanzialmente unanime, per quanto variamente modulato.

Prima di cercare di illustrare la coerenza e la novità della trattazione fisica copernicana, ritengo tuttavia siano necessarie alcune avvertenze preliminari. Innanzitutto sul *genus scribendi* dell'autore, non solo sempre assai conciso nello svolgere i passi delle sue argomentazioni, ma anche poco preoccupato di esplicitare le conseguenze delle sue conclusioni³, nonché reticente a dichiarare le *auctoritates* coinvolte nei suoi ragionamenti, con il risultato che, poiché fonti e luoghi sono spesso indispensabili per comprendere gli argomenti, quando gli uni sfuggano, sfugge anche il rigore degli altri. Tuttavia, un'indicazione generale che aiuti a comprendere in quale direzione si muova Copernico ci fornisce la testimonianza preziosa di Retico nell'*Elogio della Prussia*, laddove, esponendo in modo succinto le questioni di carattere fisico esaminate nel *De revolutionibus*, ci informa che il suo maestro era perfettamente consapevole dell'inconcludenza delle prove fisiche con cui Aristotele sosteneva l'immobilità della Terra al centro, e aveva acquisito il convincimento che nel *Timeo* e nei documenti "pitagorici" fossero esposti temi e argomenti a favore della mobilità della Terra che restavano saldi alla prova della confutazione aristotelica⁴. Il che

3. Il primo aspetto sottolinea anche Galileo nella Giornata Seconda del *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, dove l'estrema concisione dei ragionamenti e confutazioni presenti nel Libro I del *De revolutionibus* e in specie nel cap. 8 viene giustificata con l'"altezza dell'ingegno" dell'autore e il suo sprofondamento nelle "maggiori e più alte contemplazioni": cfr. G. GALILEI, *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo* (d'ora innanzi *Dialogo*), in *Le Opere di Galileo Galilei*, Edizione Nazionale a cura di A. Favaro, 20 voll., Giunti e Barbera, Firenze 1890–1909 (1968), vol. VII, p. 194. Sul secondo aspetto siamo istruiti per esempio dalla *Narratio prima* di Retico, laddove viene esplicitato che tra i cosiddetti orbi o cieli planetari del sistema eliocentrico vi sono spazi vuoti o inoccupati di notevoli dimensioni, ma non immensi come l'intervallo che occorre postulare tra Saturno e la sfera delle stelle fisse: cfr. G.J. RHETICUS, *De libris Revolutionum Narratio prima* (d'ora innanzi *Narratio*), ed. critica, trad. e comm. a cura di H. Hugonnard-Roche, J.-P. Verdet, con la collaborazione di M.-P. Lerner e A. Segonds, Ossolineum, Wrocław-Warszawa-Kraców-Gdan'sk-Lodz 1982 («Studia Copernicana» XX), pp. 60.99–101, 59.42–45; trad. it. in *Opere di Nicola Copernico*, a cura di F. Barone, UTET, Torino 1979, pp. 784–85, 781–82. Tale considerazione Retico ricavava certamente dall'esame del manoscritto copernicano, ma qui questa conseguenza non è né dichiarata né sottolineata.

4. Cfr. G. J. RHETICUS, *Narratio*, cit., pp. 85.154–86.167.

ci suggerisce che per comprendere le soluzioni fisiche adottate nel Libro I dobbiamo volgere lo sguardo al *Timeo*, e che per afferrare pienamente la confutazione copernicana delle tesi aristoteliche, dobbiamo prestare attenzione soprattutto al *De caelo*, dove si concentrano le critiche alla fisica platonica.

Un ultimo aspetto che occorre mettere a fuoco è il metodo dimostrativo con cui procede Copernico⁵, il quale in una prima fase esercita sempre il vaglio critico secondo i moduli dell'*elenchos* socratico, mostrando cioè come le tesi degli avversari, quando siano svolte correttamente, conducano alla loro negazione, e poi ricostruisce la teoria alternativa a partire dall'ipotesi contraddittoria a quella risultata inaccettabile alla prova del *logos*, attenendosi ancora alle istruzioni sul metodo ipotetico messe a punto da Platone in più dialoghi, ma con maggiore ampiezza e puntualità nel *Fedone* e nella *Repubblica*.

Tale struttura dimostrativa la ritroviamo puntualmente nel cap. 8, dove Copernico esamina la questione della rotazione assiale della Terra. Il capitolo si apre con lo scrutinio critico delle ragioni fisiche elaborate in passato per fondare la verità dell'immobilità della Terra al centro. La gravità quale tendenza naturale dei corpi di terra e *a fortiori* dell'intera Terra a portarsi verso il centro dell'universo per ivi quietarsi, e la distinzione dei moti semplici naturali e dei rispettivi corpi semplici: queste le giustificazioni teoretiche fatte valere nel *De caelo*⁶. Per parte sua Tolomeo — così Copernico legge *Almagesto*, I 7 —, accogliendo la dottrina aristotelica dei moti naturali, si soffermava sugli effetti violenti che conseguirebbero alla rotazione della Terra, ossia la dispersione dei corpi terrestri, anzi dell'intera Terra, provocata dalla sua enorme velocità⁷. Infine, Copernico riporta le considerazioni

5. Della rilevanza che Copernico attribuisce alla *methodos* è testimonianza il passo della Dedicata a Paolo III (cfr. Copernico, *De rev. cael.*, p. 251.80–85), in cui il filosofo polacco indica nell'assenza di metodo la ragione che ha impedito ai suoi predecessori di acquisire la conoscenza epistemica dell'ottimo ordinamento predisposto dall'artefice del cielo. Per le considerazioni che obbligano a ritenere che l'allusione sia al metodo ipotetico delineato da Platone, cfr. A. DE PACE, *Copernico filosofo*, cit., in specie pp. 95–104, ma in tutto questo testo introduttivo ho cercato di mostrare la stretta aderenza di Copernico alle istruzioni metodologiche di Platone nei vari passaggi del percorso dimostrativo che egli sviluppa nei capitoli 1–10 del Libro I del *De revolutionibus*. Per una chiara esposizione di tale metodo basti qui rinviare a R. ROBINSON, *Plato's earlier dialectic*, Clarendon Press, Oxford 1953, in particolare pp. 93–110.

6. Cfr. N. COPERNICO, *De rev. cael.*, I 7, p. 266.5–14.

7. Ivi, p. 267.25–34. Per la lettura copernicana di questo capitolo dell'*Almagesto* meditata

che si pretende poggino su inequivocabili dati di esperienza: la caduta perpendicolare dei gravi, e la sospensione nell'aria delle nuvole e di qualsiasi altro corpo, senza che siano soggetti allo spostamento verso ovest⁸.

La confutazione delle ragioni aristoteliche è tutta contenuta nella seguente affermazione: «ma in verità se qualcuno ritiene che la Terra gira, dirà senz'altro che il moto è naturale, non violento»⁹, cooperando all'ordine eterno del mondo. Il passo specifico del *De caelo* che qui Copernico ha in mente è II 14, 296a24–b3, in cui Aristotele, per contestare la tesi “pitagorica” del moto planetario della Terra e quella platonica della sua rotazione assiale, così argomenta: nell'uno e nell'altro caso quel moto dovrebbe di necessità essere naturale ed eterno, *perché il moto eterno conviene all'ordine eterno del mondo*; ma che il moto circolare della Terra sia eterno è impossibile. Infatti, se la Terra così si muovesse, «anche ogni sua parte avrebbe allora questo moto; invece tutte si muovono in linea retta verso il centro», come ci viene attestato dai sensi (II 13, 295b19–23). Dunque, il moto naturale ed eterno dell'intera Terra è il rettilineo. Ora, non è difficile avvedersi che la dimostrazione aristotelica della minore del sillogismo contiene in sé la sua confutazione: se «ciò che è per costrizione non può essere eterno, ciò che non è eterno non può essere naturale»¹⁰; e poiché il moto retto all'in giù non è eterno, ma finito e terminato, e il “moto eterno”, secondo quanto puntualizzava Aristotele stesso nella *Fisica* (VIII, 8–9), non può essere concepito come la successione temporale infinita di moti finiti, ma solo come circolare, il moto retto né è naturale né si confà all'ordine eterno; dunque alla Terra è naturale il moto circolare.

Questa la conclusione, riportata all'inizio del cap. 8, che, secondo Copernico, Aristotele avrebbe dovuto trarre in modo coerente dalle proprie premesse; tanto più che la testimonianza dei sensi non può apportare alcuna prova decisiva: se le parti terrestri ruotassero come il tutto — e ciò potrebbe essere inteso solo nel senso che seguono il moto del tutto —, noi non potremmo affatto percepire questo moto comune, e continueremmo a vederle muoversi in linea retta verso il

sulla base del testo greco dell'*Almagesto*, cfr. A. DE PACE, *Copernico filosofo*, cit., pp. 121–39.

8. Cfr. N. COPERNICO, *De rev. cael.*, I 7, p. 267.34–37.

9. Ivi, I 8, p. 267.3–4.

10. Così annotava lo stesso Galileo, commentando il medesimo passo: cfr. G. GALILEI, *Dialogo*, cit., p. 160.

centro, esattamente come se la Terra fosse in quiete. È evidente che le conseguenze deducibili da questo emendamento della conclusione aristotelica vanificano gli argomenti di Aristotele richiamati nel cap. 7. Se infatti la rotazione della Terra è naturale e perenne e se, sulla base della corrispondenza istituita da Aristotele tra moti e nature dei corpi, ciò esclude che essa sia grave senza perciò escludere la gravità delle sue parti in apparente moto rettilineo verso il suo centro, non solo la Terra non è affatto il *corpus gravissimum* destinato a occupare il centro del mondo, ma occorre anche abbandonare il principio che a un corpo semplice (l'elemento terra) appartenga un solo moto semplice e, inoltre, rinunciare a dedurre dall'eternità del moto circolare l'esistenza di una materia eterea, eterna e incorruttibile.

Anche per l'argomento tolemaico Copernico adotta la tecnica socratica di mettere l'avversario in contraddizione con se stesso. Il passo dell'*Almagesto* che egli prende di mira è quello del cap. 7 del Libro I, dove l'alessandrino annotava che dal punto di vista astronomico nulla si oppone alla rotazione diurna della Terra, e anzi essa spiega in modo più semplice i fenomeni celesti¹¹. Di qui la replica di Copernico: o quando ragioniamo sull'ordine perenne del mondo, i moti che prendiamo in considerazione sono naturali e perpetui, e perciò privi degli effetti violenti ed effimeri dovuti a forze e impeti, perché vale il principio che «le cose fatte dalla natura si trovano nel modo migliore e si conservano nella loro ottima disposizione»; oppure i medesimi effetti violenti paventati per la rotazione impetuosa della Terra *devono essere simmetricamente considerati* per la rotazione dell'ultima sfera, ma in questo caso il ragionamento, sviluppato con rigore, conduce alla sua infinità e dunque alla sua immobilità¹². Ora, tale conclusione, afferma Copernico, innanzitutto è inaccettabile per i sostenitori dell'immobilità della Terra al centro, i quali fondano sul moto dell'ultima sfera quella forma sferica e finita del mondo¹³ che è condizione necessaria alla definizione dei luoghi e moti naturali e dei corpi semplici, in breve alla struttura ordinata del loro cosmo; ma anche per noi quella conclusione, non potendo essere mai verificata, sarebbe fonte di incertezza irresolubile: noi, dichiara Copernico, «ignoriamo i confini del mondo,

11. Cfr. TOLOMEO, *Syntaxis Mathematicae*, I 7, Pars I, p. 24.7–16 ed. Heiberg.

12. Cfr. N. COPERNICO, *De rev. cael.*, I 8, pp. 267.7–268.29.

13. Ivi, p. 268.29–30. Per questo argomento in ARISTOTELE, cfr. *De caelo*, I 5, 271b26 ss.

né è possibile conoscerli»¹⁴. In poche battute Copernico ha privato il cosmo tradizionale di ogni legittimazione razionale e sgomberato lo studio del moto locale dai vincoli aristotelici che gravavano su di esso. Ciò che resta, invece, è il principio affermato in apertura di capitolo: il moto circolare uniforme è il moto conveniente alla conservazione perpetua dell'ottima disposizione, o dell'ordine, in cui si trova tutto ciò che è fatto dalla natura. È rilevante sottolineare che cosa Copernico intenda qui per "ordine". Una volta estromessi, insieme alla sfera del mondo, le direzioni e i luoghi naturali coi quali veniva definita la struttura d'ordine anteriormente al movimento, l'ordine non è più nulla al di fuori dell'unico modo in cui si manifesta, ossia la disposizione stabile delle parti garantita dal moto circolare uniforme, con la conseguenza che tra l'uno e l'altro — moto circolare e ordine — vi è ormai una perfetta reciprocità e, cosa più importante, l'uno assume la stabilità e perpetuità dell'altro. Questo principio è tutto ciò di cui Copernico può ormai avvalersi per investigare la struttura del mondo, e tale indagine deve in primo luogo prescindere da affermazioni arbitrarie sulla sua finitezza o infinità.

Egli avvia così un nuovo percorso razionale, riprendendo il ragionamento, come suggeriva il metodo platonico, dall'ipotesi contraddittoria a quella messa in scacco dalla ragione: ossia, com'egli dichiara, la rotazione naturale della Terra conforme alla sua figura «globosa»¹⁵, a figura che, secondo l'unanime giudizio dei filosofi, è causata dalla gravità delle parti verso il suo centro¹⁶. Si tratta, ovviamente dell'ipotesi iniziale di un percorso di ricerca. Nel seguito, Copernico, seguendo ancora le istruzioni platoniche sul metodo ipotetico, attende a sviluppare le tesi fisiche che siano in accordo tra loro e con l'ipotesi stessa, in modo da formare un corpo di proposizioni coerenti¹⁷, esplicative

14. *De rev. cael.*, I 8, p. 268.35.

15. Ivi, p. 268.31–35. Giova notare che il termine "globosus" era usato per lo più dagli antichi per designare non la sfera geometrica perfetta, ma una figura prossima alla sfera, nel suo insieme non intaccata dalle irregolarità alla sua superficie; in questo senso si dichiarava per esempio Calcidio parlando della Terra: «Se qualcuno, pur considerando l'altezza e l'estensione delle montagne e l'irregolarità delle loro rocce, affermasse che [la Terra] è simile a una palla ben tornita, proferirebbe un'opinione erronea: noi, infatti, non diciamo che la Terra è un globo, ma di forma globosa (*non enim nos terram globum esse dicimus sed globosam*)»: CALCIDIO, *In Tim.*, 63, p. 110.12–15 ed. Waszink.

16. Cfr. *De rev. cael.*, I 2, p. 257.12–13.

17. Per questa fase del "metodo ipotetico" che, secondo le indicazioni di Ficino (verosi-

anche dei principali fenomeni naturali osservabili sulla Terra. Tali proposizioni sono affatto estranee agli schemi aristotelici e ampiamente ispirate a Platone e alla tradizione medioplatonica. Esse possono essere così esplicitate:

- 1) Poiché ogni intero è costituito dalle sue parti e di necessità uno solo è il moto del tutto e delle parti, dalla naturalità e perpetuità del moto rotatorio del tutto–Terra occorre concludere alla naturalità e perpetuità di quello delle sue parti costitutive; parti, è bene precisare che, scartata la nozione aristotelica di elemento, Copernico concepisce della medesima materia composta di quel globo che con la loro gravità esse stesse formano.
- 2) Essendo il solo moto naturale e perenne quello circolare perché conviene alla conservazione dell'ordine, i moti rettilinei verso l'alto e verso il basso, in quanto si verificano in una situazione di disordine sono effetti effimeri di una forza, e non sono naturali. In modo analogo nel *Timeo* i moti rettilinei meccanici sono associati al disordine, e contrapposti alla rotazione quale moto in cui si esprime l'intelligenza ordinatrice del demiurgo. Tale moto, viene aggiunto nelle *Leggi* (X, 892b–c), è l'unico veramente naturale¹⁸.
- 3) Il luogo naturale di un corpo terrestre non è più definito *a priori* sulla base di porzioni assolute dello spazio, ma individuato in rapporto al centro di gravità del suo tutto rispetto al quale soltanto, annullata la struttura del cosmo aristotelico, può essere ormai descritta la sua "ottima disposizione": per ogni parte corporea luogo naturale è quello del tutto in cui quella disposizione si conserva.

milmente lette da Copernico), si svolgeva nell'ambito della filosofia naturale, cfr. A. DE PACE, *Copernico filosofo*, cit., pp. 95 ss., 150–52.

18. Questo perché, spiega Platone in *Leg.*, X, 898a–b, è l'unico moto che, esprimendo il moto spirituale del *nous* che lo causa (dunque senza relazione alla struttura fisica dei corpi celesti, che d'altra parte nel *Timeo* sono composti di tutti e quattro gli elementi, benché con la prevalenza del fuoco), si muove «secondo le stesse relazioni, identicamente, nel medesimo posto, intorno allo stesso centro, nel medesimo verso, secondo una stessa proporzione e uno stesso ordine» (miei i corsivi). Invece, sono moti di costrizione o necessità, causa di perenni trasformazioni, quelli propri alle parti dei corpi integrali cosmici che muovono essendo a loro volta mosse da altre parti corporee.

- 4) Se entrambi i moti rettilinei non sono naturali, non per questo condividono il medesimo statuto: quello verso l'alto estromette con violenza le parti terrestri dal loro intero o dal loro luogo naturale, l'altro invece ve le riconduce, ripristinando l'ordine temporaneamente alterato; e questa loro diversa funzione non può che avere effetti diversi sulla difformità o "irregolarità" delle loro velocità. Quando una forza (Copernico esemplifica con il fuoco secondo la caratterizzazione datane nel *Timeo*)¹⁹, sopraffacendo la tendenza naturale della materia terrestre, la spinge verso l'alto, questo moto non può che rallentare progressivamente ed estinguersi, «quasi a rendere manifesto — scrive Copernico — che la causa di quel moto è la violenza inflitta alla materia terrestre»²⁰; se invece il moto verso il centro accelera, è perché la forza che lo determina — e che egli ravvisa nell'impeto del peso —²¹ è generata dalla stessa tendenza interna di ogni parte terrestre a ricongiungersi al suo tutto: in una parola, dalla gravità.
- 5) Se dunque non esiste accelerazione verso l'alto, non esiste luogo naturale verso l'alto²² né leggerezza positiva, come appunto affermava Platone in *Tim.* 63b–c, e come da lungo tempo anche la tradizione gli attribuiva²³.

19. In *Tim.* 56a–c, 61e–62a, 78a il fuoco è caratterizzato da una grande forza ed efficacia di corpuscoli geometrici impercettibili — i tetraedri regolari — più piccoli dei corpuscoli geometrici assegnati agli altri corpi semplici, i cui angoli più acuti e taglienti li rendono estremamente mobili, capaci di penetrare e disgregare, provocando variazioni volumetriche nel processo di riscaldamento e di combustione. Il fuoco, ripete Copernico (cfr. *De rev. cael.*, I 8, p. 269.65–71), è talmente potente che, quando penetra in un corpo, niente può trattenerlo dall'erompere dal suo carcere e, dilatando il corpo in cui è racchiuso, costringerlo a muoversi verso regioni più esterne.

20. Ivi, p. 270.86–87.

21. Ossia dall'effetto dinamico generato dall'inclinazione della gravità. Secondo la testimonianza di [ps.–] PLUTARCO, *De plac. philos.*, I 12, 882e–883a (fonte dossografica nota a Copernico), questa era la posizione di Platone, il quale aveva distinto l'inclinazione di un corpo a riportarsi al proprio luogo qualora se ne trovasse fuori — in altri termini la gravità —, dall'impeto (*rope*) che è conseguenza di tale inclinazione.

22. Copernico, infatti, estromette la sfera del fuoco dal suo cosmo. Proclo nel commento al *Timeo* (cfr. *In Tim.*, III, p. III.5–26 ed. Diehl; trad. Festugière, IV, pp. 145–46), giudicando anch'egli insostenibile l'esistenza della sfera del fuoco sublunare, ricordava che giustamente Platone nella sua esposizione aveva ommesso tale sfera, giacché il fuoco esiste solo nelle cavità degli altri elementi sublunari e, unico tra essi, sussiste finché ne è alimentato.

23. È quanto veniva affermato nel commento di Eutocio di Ascalona al libro archimedeo sull'*Equilibrio dei piani*, più volte tradotto dopo la versione di Moerbeke: cfr. P. GALLUZZI,

- 6) Contrariamente a quanto aveva stabilito Aristotele, nella realtà naturale non esistono moti rettilinei, ma solo il moto circolare proprio del tutto unitario, e i moti composti propri delle parti che si trovino da esso separate. Ne consegue, esplicita Copernico, che la distinzione aristotelica dei moti «nei tre generi dal centro, al centro e intorno al centro sarà considerata solo un atto della ragione, nel modo in cui distinguiamo la linea, il punto e la superficie, sebbene l'uno non possa sussistere senza l'altro e nessuno di essi senza il corpo»²⁴. Anche questa teoria è di ispirazione platonica: l'idea del *Timeo* di un cosmo visibile già formato, in cui l'Intelligenza domina la Necessità persuadendola a «rivolgere al meglio la più parte delle cose che si generano» (48a), era stata interpretata da Attico e Plutarco nel senso che i moti provocati dalle cause meccaniche di gravità e leggerezza si combinano con i moti circolari in cui quell'intelligenza si manifesta²⁵.
- 7) Infine: anche a prescindere dalla loro reale composizione con il moto circolare, i moti rettilinei non sono semplici perché non sono sempre eguali a se stessi, secondo quanto richiedeva la classificazione aristotelica dei moti semplici a partire dalle linee geometriche semplici²⁶. L'unico moto che può es-

Momento. Studi galileiani, Edizioni dell'Ateneo & Bizzarri, Roma 1979, pp. 43–62. Si vedano anche le *Considerazioni* di Vincenzio Di Grazia, in *Le Opere di Galileo*, cit., vol. IV, pp. 383–85: «Platone, in effetti, avendo sostenuto che l'alto e il basso non sono contrari per propria natura, ma solo relativamente alla posizione di ciascuno, aveva eliminato, insieme alla contrarietà del luogo, la contrarietà dei moti naturali».

24. *De rev. cael.*, I 8, p. 270.93–97.

25. Della composizione dei moti circolare e rettilineo aveva parlato Attico, criticando Aristotele: dopo aver dichiarato che in ogni corpo celeste integrale il moto circolare, il più bello e divino, è segno di un'anima automotrice, mentre gli elementi che si muovono in linea retta ricevono il principio del loro movimento dalla *rope* della pesantezza e della leggerezza, aveva attaccato Aristotele perché, non avvedendosi della diversa natura di quei moti, invece di combinarli, si era inventato il quinto corpo per riservargli il moto circolare: cfr. EUSEBIO, *Praep. ev.*, xv 8, 5–7 (=Attico, fr. 6, p. 59.31–60.54 Des Places). Anche Plutarco nella *Quaest. Plat.* V, 4 (1004b–c) aveva sostenuto che il moto circolare perfetto conveniva naturalmente ai corpi celesti non perché fossero corpi perfettamente sferici (ché questo è impossibile per *tutti* i corpi, anche se in superficie vi è un'apparenza di rotondità) ma perché impartito dall'Intelligenza, e aveva precisato al contempo che era altro il principio di moto che determinava le parti corporee a muoversi per natura di moto rettilineo.

26. Cfr. *De rev. cael.*, I 8, p. 270.81–83. Per il passo aristotelico, cfr. *De caelo*, I 2, 268a17–20.

sere detto “semplice, uniforme ed eguale” è il moto circolare, perché, sempre partendo dal termine ordinato e sempre giungendovi, è il solo che ha sempre in se stesso la causa (finale) del moto, ossia il conseguimento del luogo ordinato²⁷. Per questa sua prerogativa, non solo è uniforme, ma si conserva indefinitamente conservando le relazioni ordinate in conformità con gli scopi della natura.

Importantissimo il commento antiaristotelico con cui Copernico conclude e in certo qual modo sintetizza questa parte del suo percorso razionale relativa alla rotazione terrestre: l’affermazione dei peripatetici, egli scrive, secondo cui

il moto semplice appartiene al corpo semplice, viene stabilito come vero anzitutto a proposito del circolare, finché il corpo semplice resta nel proprio luogo naturale e nel proprio tutto. Infatti, il movimento nel [proprio] luogo non è altro che circolare, il quale permane interamente in se stesso, simile a ciò che è in quiete. Invece il moto rettilineo si aggiunge in quei corpi che si muovono lontani dal loro luogo naturale, sia che ne siano estromessi, sia che in qualunque altro modo si trovino fuori di esso. Ora nulla ripugna tanto all’ordine del tutto e alla bellezza del mondo quanto il fatto che qualcosa sia fuori del suo luogo. Pertanto il moto rettilineo non accade se non alle cose che non si trovano nel modo migliore, e non sono perfette secondo natura mentre si trovano separate dal loro tutto e abbandonano la sua unità²⁸.

Ormai per ogni corpo terrestre che condivide il moto circolare del tutto, essere semplice, ordinato e perfetto sono termini che si equivalgono: il che sta a dire che, per ogni corpo terrestre, “essere perfetto secondo natura” non ha nulla a che fare con l’incorruttibilità e la perfezione della sua *sostanza*: ciò che importa è l’ordine, ossia la stabilità dei rapporti nella quale è mantenuto grazie al moto circolare. Benché infatti tale moto trasporti il corpo da un luogo a

27. In *De rev. cael.*, I 8, p. 270.87–90, un passo spesso frainteso, Copernico scrive che la ragione dell’uniformità del moto circolare è che esso «ha una causa che non viene mai meno, mentre quello rettilineo ne ha una che si affretta a estinguersi, e i corpi, una volta che per esso hanno conseguito il loro luogo, cessano di essere gravi o leggeri, e cessa quel moto». Mi sembra evidente dal contesto che la causa dell’uniformità del moto circolare è la causa che spinge i corpi a conseguire il luogo.

28. Ivi, pp. 269.71–270–81.

un altro, questo effetto è come nullo per il corpo mosso, che viene mantenuto nel suo luogo ordinato, ossia alla medesima distanza dal centro del suo tutto e dalle altre parti che lo compongono; come si esprime Copernico, «il moto nel luogo permane interamente in se stesso, simile a ciò che è in quiete». Per garantire la perpetua conservazione e l'uniformità di tale moto non sono più necessarie anime o Intelligenze motrici: basta la prerogativa geometrica della *traiettoria circolare*. Ma se così è, il moto circolare assume nella cosmologia copernicana uno statuto del tutto specifico: diventa *stato* di un corpo che al pari della quiete si conserva indefinitamente da se stesso, soddisfacendo soltanto all'assunto dell'ordine naturale e perpetuo; in quanto tale, esso è indipendente da ogni vincolo ontologico²⁹.

Congrua a questo nucleo teorico fondamentale è l'universalizzazione del concetto di gravità che, come si è detto, non ha più alcuna relazione con la gravità del corpo integrale e della sua quiete al centro. Copernico espone tale universalizzazione nel cap. 9 e, sulla scorta del *Timeo* e più in particolare del *De facie* plutarco, la descrive come la tendenza delle parti di ogni corpo cosmico a condursi al loro tutto, cioè al loro luogo naturale, congiungendosi in forma di globo e a permanervi conservando tale forma³⁰. La funzione fondamentale di tale concezione è quella di stabilire una causa fisica della sfericità che tolga alla Terra la prerogativa dell'immobilità dipendente dalla sua essenza corporea e ai corpi celesti la prerogativa del moto circolare uniforme dipendente dalla loro, per ricomporre

29. Proprio ad affermare, in polemica con Aristotele, l'indipendenza del moto circolare dalla perfezione *ontologica* e del moto rettilineo dal perfezionamento *ontologico* realizzato con la quiete in un passo conclusivo del cap. 8 Copernico scrive: «Poiché dunque il moto circolare è proprio dei corpi integrali, ma delle parti anche quello rettilineo, possiamo dire che il circolare rimane con il rettilineo, come l'animale con la malattia» (*De rev. cael.*, I 8, p. 270.90–92). Ciò che qui Copernico sta affermando, modificando volutamente e polemicamente un passo del *De caelo* (IV 3, 310b16–33) è che il moto circolare, o la disposizione ordinata, è una realtà così permanente nella materia terrestre da poter essere assimilato alla consistenza ontologica della sostanza dell'essere vivente, mentre il moto rettilineo le è tanto accidentale ed effimero quanto la malattia lo è per lo stesso essere vivente. Per un'esposizione più analitica, rinvio a A. DE PACE, *Copernico filosofo*, cit., pp. 198–200.

30. Cfr. *De rev. cael.*, I 9, p. 271.10–16. Per la concezione della gravità nel *Timeo* e le modifiche introdotte da Plutarco nel *De facie*, mi permetto di rinviare ancora al mio A. DE PACE, *Copernico filosofo*, cit., pp. 164–77.

l'identità della perfezione di tutti i corpi cosmici nella conservazione del proprio ordine, a conseguire la quale è indifferente per essi essere in quiete o in moto circolare. Notevolissimo ciò che consegue da quanto sin qui detto. Se l'abolizione della *distinzione ontologicamente fondata* tra moto circolare e quiete comporta negare che vi siano corpi *per sé* mobili o immobili, essa comporta anche escludere che vi siano ragioni *fisiche* legate alla natura dei corpi in grado di stabilire *a priori*, in presenza di un movimento, quali si muovano e quali no. E poiché nemmeno la concezione d'ordine (= stabilità di relazioni) fornisce alcuna indicazione in tal senso, ne deriva che la relatività *ottica* del moto, richiamata da Copernico nel cap. 5 come uno degli elementi che giustificavano un ripensamento teorico sulla disposizione planetaria³¹, si innesta ormai sulle teorie fisiche esposte nei capp. 8 e 9, in un contesto speculativo sgombrato da restrizioni filosofiche aristoteliche lasciate operanti sullo sfondo. In questo modo, integrata ad altre considerazioni, potrà condurre al principio della relatività meccanica di Galileo.

Che questo sia l'aspetto teorico importante conseguito al termine del percorso nel campo della filosofia naturale esplicita Copernico stesso, pur nei suoi modi alquanto ellittici, quando, a conclusione del cap. 9, afferma che, poiché la gravità lascia *tutti* i corpi cosmici integrali liberi di compiere i loro circuiti, dirimere perciò (*igitur*) la questione se sia la Terra o il Sole ad avere un circuito annuo potrà solo l'astronomo qualora, guardando la questione "con entrambi gli occhi", trovi la causa in grado di far coincidere la spiegazione dei fenomeni e la rivelazione dell'ordine e armonia intelligibili dell'intero mondo³². L'indifferenza dei corpi cosmici al moto circolare e alla quiete restituisce così alla mente divina la libertà di decidere a quali corpi assegnare l'uno o l'altra al fine di costituire un cosmo unificato da vincoli intelligibili, e all'astronomia il ruolo di comprenderlo assegnatole da Platone. Detto altrimenti, quell'indifferenza, risultato del percorso dimostrativo fin qui compiuto dalla ragione, *spiega* perché le cause fisiche, pur se non possono essere trascurate, sono insufficienti a farci conoscere la bellezza e la verità dell'universo, come aveva insegnato Platone nel *Timeo* e nel *Fedone*.

31. Cfr. *De rev. cael.*, I 5, p. 262.9–12.

32. *Ivi*, I 9, pp. 271.15–272.27.

In che modo, poi, guardare alla questione «con entrambi gli occhi» è lezione che Copernico trarrà dai libri VI e VII della *Repubblica* di Platone. Ma questo esula dai temi filosofici che qui mi sono proposta di considerare³³.

Anna De Pace
Università degli Studi di Milano

33. Su questi temi cfr. A. DE PACE, *Copernico filosofo*, cit., pp. 207–32.