

Il primo tentativo documentato di contare gli atomi

FRANCESCO VISSANI

nov. 2022 / n. 9

S Y L L A B V S

Disputationum, & Propositionum de Atomis.

PROLEGOMENA.

D emocriti vita pag.	1	Synopsis doctrinae Democriti pro atomis	21
Libri à Democrito scri- pti pag.	8	Distributio eiusdem doctrinae per capita.	26
Testimonia de sapientia, & do- ctrina Democriti.	15	Praefatio ad Lectorem	28
Inuenta Democriti	20		

Quaderni di Cultura Scientifica

Il primo tentativo documentato di contare gli atomi

Francesco Vissani

Laboratori Nazionali del Gran Sasso

9^o QUADERNO - PESCARA, 2022

La prima congettura quantitativa sul numero degli atomi e sulle loro dimensioni è descritta nel libro *Democritus reviviscens* del medico e filosofo Magnenus, e risale alla prima metà del seicento.

Naturalmente, essa ha suscitato un grande interesse ma anche opinioni contrastanti tra gli studiosi moderni.

In questa nota, la presentiamo in traduzione e la discutiamo in dettaglio, illustrandone il senso nella fase di transizione tra l'atomismo qualitativo ed i primissimi passi verso la scienza moderna.

Dalla disamina emerge l'importanza del fascino sull'autore attribuibile all'incontro intellettuale con le idee esposte ne *L'Arenario* di Archimede.

Sommario

1	INTRODUZIONE	6
1.1	MAGNENUS ED IL SUO TEMPO	7
2	I RIFERIMENTI DI BASE	12
2.1	LA FIGURA DI DEMOCRITO E LA SCIENZA	13
2.2	L'EREDITÀ DELL'ATOMISMO	14
2.3	L'ATOMISMO DI MAGNENUS	16
2.3.1	L'APPORTO DEI MEDICI-FILOSOFI	17
2.3.2	IL DEMOCRITO DI MAGNENUS	18

2.3.3	L'INIZIO DELLA TRANSIZIONE VERSO UN ATOMISMO QUAN- TITATIVO	19
2.3.4	L'ESTENSIONE DEGLI ATOMI . .	20
2.4	<i>L'Arenario</i> DI ARCHIMEDE	21
3	OPINIONI SU MAGNENUS	24
3.1	LE POSIZIONI DI STORICI E FILOSOFI .	25
3.2	L'INTERESSE NELLA COMUNITÀ SCIEN- TIFICA	29
4	IL TESTO IN ITALIANO	31
4.1	PROPOSIZIONE XXIII. <i>Avanzerò qual- che congettura sulla piccolezza degli atomi</i>	33
5	OSSERVAZIONI PREPARATORIE	38
5.1	LA LETTERATURA CITATA	39
5.1.1	L'IPOTESI SULLA DISTANZA DEL- LE STELLE FISSE	40
5.1.2	GLI ALTRI TESTI CITATI E LA LO- RO FUNZIONE	42
5.1.3	NOTA SU ASTROLOGIA E ASTRO- NOMIA	45

5.2	IL CONTESTO DELLA CONGETTURA . . .	47
5.2.1	IL TITOLO	47
5.2.2	I TRE POSTULATI	47
5.2.3	L'APPELLO AD ARCHIMEDE . . .	49
5.2.4	IL PRIMO BRANO DALLA <i>Naturalis Historia</i>	50
5.2.5	IL NUMERO DI ATOMI DELL'UNIVERSO E LA CHIUSA	51
6	LA CONGETTURA ALLA LETTERA	53
6.1	PARAFRASI	54
6.2	UN ESAME CRITICO	56
6.3	CONSIDERAZIONI	58
6.4	UN SOMMARIO PROVVISORIO	60
7	INTERPRETAZIONI	61
7.1	IL RUOLO DELLE IDEE DI ARCHIMEDE	62
7.2	LA PROPORZIONE NASCOSTA	64
8	UNA ARGOMENTAZIONE ALTERNATIVA	71
8.1	VOLUMI DELLA STANZA E DEL GRANO	72
8.2	VOLUME SENSIBILE	74
8.3	INFERENZA SULLE DIMENSIONI	76

8.4	INFERENZA SUL NUMERO DI PARTICELLE	78
9	DISCUSSIONE E COMMENTI	80
9.1	LA CONGETTURA DI MAGNENUS . . .	80
9.2	CONSIDERAZIONI EPISTEMOLOGICHE	82
9.3	VAL LA PENA DI RAGIONARE DI FUMO?	84
9.4	VALUTAZIONI CONCLUSIVE	86
A	IL TESTO IN LATINO	91
A.1	PROPOSITIO XXIII. <i>De atomorum parvitate aliquid conjectura assequi</i> .	91
B	SULLA CONGETTURA DI ARCHIMEDE	96
C	INFOGRAFICA	99
D	MAGNENUS A CONFRONTO	101
	RINGRAZIAMENTI	113
	INDICE DELLE PERSONE	119

Capitolo 1

Introduzione

Un pensatore del '600, Magnenus, valutò il numero di atomi contenuti in un piccolo grano di incenso in poco meno di un miliardo di miliardi [1] - o esprimendoci con le notazioni matematiche correnti, 10^{18} atomi circa. Una stima moderna indica un numero di parti elementari appena mille volte più grande di quel valore¹, il che significa che le dimensioni lineari dei costituenti elementari sono in accordo entro un

¹Pe., attribuendo il peso del grano di incenso a quello delle molecole che lo costituiscono, troviamo che ce ne sono circa settecento miliardi di miliardi - ovvero 7×10^{20} , da confrontare con il valore esibito da Magnenus: $7,776 \times 10^{17}$. Abbiamo assunto che il grano sia una sferetta di 5 mm di raggio con densità 1.06 g/cc, costituita da molecole di peso atomico 456 - come l'acido boswellico, che conferisce odore all'incenso [2].

ordine di grandezza [3].² Tale accordo colpisce l'immaginazione, e questo ha creato (specie in tempi recenti) grande interesse verso il suddetto risultato.

D'altro canto, diversi storici della scienza e della filosofia hanno raccomandato cautela e persino dipinto un'immagine poco lusinghiera di questo pensatore - pur senza entrare in una disamina analitica della presunta stima numerica, alla quale ci interesseremo qui nel seguito.

Per questo, qui nel seguito ci riproponiamo di esaminare attentamente di tale congettura, discutendone in dettaglio basi e limitazioni, ed azzardando una valutazione complessiva del suo significato.

1.1 Magnenus ed il suo tempo

Completiamo questa introduzione con alcune note essenziali sull'autore di questa stima, sul libro con cui ce l'ha tramandata e su come venne accolta quando apparve.

Note biografiche Jean Chrysostôme Magnen, il cui nome venne latinizzato in Magnenus, nacque in Borgogna a Lu-

²Siccome (trascurando il vuoto tra le molecole) possiamo attribuire il volume del grano di incenso al prodotto tra il numero di molecole ed il volume delle stesse, proporzionale al cubo delle loro dimensioni lineari, si può sostenere che c'è accordo tra le dimensioni lineari entro un ordine di grandezza.

xeul (oggi Luxeuil-les-Bains) dove si laureò in Arti e Medicina nella vicina università di Dole. Fu un filosofo, chirurgo, medico teorico e farmacologo e divenne professore a Papiæ (oggi Pavia), anch'essa parte del Sacro Romano Impero e all'epoca sotto gli Asburgo, ramo spagnolo. Per maggiori notizie su di lui, si vedano [4, 5].

Il libro La stima che ci interessa [1] venne presentata nel libro intitolato

Democritus reviviscens, sive, DE ATOMIS,

Esso appare in stampa nel 1646, due anni prima della fine della guerra dei trent'anni, ed avrà numerose edizioni.

Nel testo ricorrono i nomi di molti pensatori e filosofi del Rinascimento o del seicento, inclusi vari contemporanei di Magnenus. Naturalmente, la lista include numerosi medici, quali Girolamo Fracastoro, Scaligero, Cardano, Basso, Fortunio Liceti, Angelus (Angelo Sala) e Sennert; molti alchimisti, presentati come chimici da Magnenus (la parola alchimia non viene mai usata), come Paracelso, Quercetanus, Oswald Croll, Fludd e 'un ungherese' che gli parla delle teorie di van Helmont; ed anche matematici, fisici, astronomi ed astrologi, tra cui Ficino, Copernico, Oronzio Fineo, Tycho Brahe, Galilei, Aguilonius, Keplero, Scheiner, Gaffarel, Cabeo e Kircher.³ Si noterà che in molti di questi casi, proprio

³Alcune assenze sono indicative ed importanti, sia per tratteggiare le ascendenze culturali che per capire le discendenze. Pe., è interessante che non ricorrano i nomi di Cusano e neppure di Bruno; Gassendi

Art. 4. Consider we, with *Magnus*, that one grain of Frankinsense being fired, doth so largely diffuse it self in fume, as to fill a space in the aer, more then *seven hundred millions* of times greater then it possessed before combustion. For, to the utmost disperion of its fume, the space might easily have received of grains of Frankinsense, equal in dimensions to the seed of a Lupine,

}	according to its Altitude	720	
	according to its Latitude	900	
}	in the	Longitude	1200
		Superficie of the whole figure	5184000
		Superficie of the end only	648000
		Area, or whole enclosure	777600000

The vast multitude of combustible particles, & the vastness of Elemental Atoms, contained in one grain of Frankinsense, exactly calculated.

Figura 1.1: *Porzione iniziale della congettura di Magnus secondo la descrizione di Charleton [7]; si noti, nella prima riga, l'esplicita attribuzione al suo autore. Confrontando i numeri con quelli mostrati nel testo di Magnus [1] (cap. 4 e app. A) si può constatare che sono identici.*

come per Magnus, non è possibile separare nettamente le categorie, ed è per questo che li presentiamo nell'insieme come filosofi.

La fortuna del libro nell'Inghilterra del seicento Il *Democritus reviviscens* eserciterà una certa influenza in Europa. A titolo d'esempio, consideriamo il suo effetto oltremarica, da dove - come è ben noto - partiranno molti dei succes-

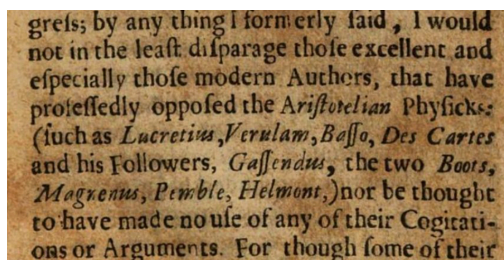
non compare (la sua traduzione [6] del decimo libro di Diogene Laerzio apparirà tre anni dopo il *Democritus reviviscens*); lo stesso dicasi di Jean-Baptiste Morin (Morinus) oppure di René Descartes (Cartesius).

sivi impulsi che garantiranno il compimento della scienza moderna.

Walter Charleton, un celebre collega di Magnenus, anch'egli medico e filosofo, tradurrà in inglese l'argomento che andremo a discutere e lo presenterà nella sua nota opera sugli atomi [7] del 1654, aggiungendo considerazioni a supporto e dando beninteso credito al suo autore, come possiamo constatare dalla foto dell'estratto mostrata in figura 1.1. (Torneremo a più riprese sul confronto tra i due testi nella sezione 7.1, al fine di chiarire più possibile le basi ed il senso della stima di Magnenus.)

Anche Robert Boyle, spesso indicato come l'autore del primo libro di chimica in senso moderno, e considerato come il primo a intraprendere la via della scienza (o l'ultimo a filosofare) tra i pensatori del '600 inclinati verso l'atomismo, conosce e apprezza il contributo di Magnenus. Questo risulta evidente nella introduzione di un saggio di 14 pagine, riproposto all'attenzione generale negli anni '50 [8] e intitolato *Of ye Atomicall Philosophy*, dove egli espone alcune considerazioni che riporto:

“La Filosofia Atomica, inventata o portata a richiesta da Democrito, Leucippo, Epicuro e loro contemporanei, [...] è tanto opportunamente rianimata e abilmente celebrata in diverse parti d'Europa dalle dotte penne di Gassendi, Magnenus, Cartesio e loro discepoli come il nostro meritatamente famoso connazionale Sir Kenelm Dig-



grets; by any thing I formerly said, I would not in the least disparage those excellent and especially those modern Authers, that have professedly opposed the Aristotelian Physicks: (such as *Lucretius, Verulam, Basso, Des Cartes* and his Followers, *Gassendus*, the two *Boors*, *Magnenus, Pemble, Helmont*;) nor be thought to have made no use of any of their Cogitations or Arguments. For though some of their

Figura 1.2: *Una lista degli autori verso i quali Boyle riconosce un debito intellettuale. Dalla prefazione di The origine of forms and qualities del 1666 [9].*

by & molti altri scrittori (specie quelli che trattano operazioni magnetiche ed elettriche) che oggi è cresciuta troppo da poter essere ancora derisa ed è sufficientemente considerabile da meritare un'indagine seria.”⁴

Una testimonianza concordante è nel libro *The origine of forms and qualities* [9] come si constatata dalla figura 1.2.

Come è ben noto, Charleton e Boyle furono due dei primi membri della Royal Society. Si veda anche [10].

⁴In inglese: “The Atomicall Philosophy invented or brought into request by Democritus, Leucippus, Epicurus & their Contemporaries, [...] is so luckyly reviv'd & so skillfully celebrated in divers parts of Europe by the learned pens of Gassendus, Magnenus, Des Cartes & his disciples our deservedly famous Countryman S^r Kenelme Digby & many other writers, especially those that handle magneticall & electricall operations that it is now growne too considerable to be any longer laugh't at, & considerable enough to deserve a serious enquiry.”

Capitolo 2

I riferimenti di base

In questo capitolo, inquadrriamo il significato dell'operazione intellettuale intrapresa da Magnenus col *Democritus reviviscens*.

Partiamo descrivendo la figura di Democrito, come percepita dal Rinascimento in poi da un ampio novero di filosofi naturali e scienziati moderni (sezione 2.1); richiamiamo in seguito quali fossero le fonti accessibili dell'atomismo greco nel seicento (sezione 2.2); specifichiamo poi la natura composita delle idee di Magnenus (sezione 2.3); ed infine, evidenziamo un ingrediente essenziale per apprezzare a fondo il passo di Magnenus che andremo ad esaminare: ci riferiamo alle suggestioni intellettuali derivanti dalla lettura de *L'Arenario* (sezione 2.4).

2.1 La figura di Democrito e la scienza

Secondo Diogene Laerzio, Democrito fu uno dei maggiori filosofi dell'antichità. Purtroppo ci restano solo dei frammenti delle sue numerose opere, che probabilmente andarono perdute a partire dal terzo secolo dopo C. La lista dei titoli rivela un interesse vastissimo, che include geometria, logica, etica, arti decorative e pratiche, letteratura; ma anche fisica, medicina, studio dei sensi, astronomia, meteorologia, agronomia, e trattano di piante, animali, magneti, ecc. oltrech  naturalmente di metafisica, epistemologia, teologia, ecc. Anche se, come opportunamente puntualizzato in [11], egli precede il periodo in cui fiorir  la scienza esatta - quello ellenistico - la preferenza accordata al determinismo, al razionalismo e l'inclinazione verso la matematica hanno valso a Democrito, specie in tempi moderni, l'immagine di iniziatore, capofila e simbolo della filosofia naturale e della scienza in genere.¹

Alcune attestazioni di questo suo ruolo, a noi vicine nel tempo, ci sono date da Russell [12] e dal noto volume di Enri-

¹In alcuni casi, si   andato anche oltre; p.e., Einstein, in un famoso saggio sulla 'religione cosmica' del 1931, scrive quanto segue:

“Grandi spiriti religiosi di tutti i tempi si sono distinti per questo tipo di sentimento [...] Democrito, Francesco d'Assisi e Spinoza sono strettamente simili tra loro.”

ques e Mazziotti [13], un generoso tentativo di ricostruire, dalle poche e frammentarie testimonianze, il suo sistema di pensiero.

Come è ben noto, il singolo spunto più influente per il quale egli è ricordato - e quello che ci interessa - riguarda gli atomi; e ricordiamo come Democrito fu un riferimento nella tradizione medica greca, aspetto che stimolava direttamente l'interesse di Magnenus; torneremo poco sotto su queste considerazioni.

2.2 L'eredità dell'atomismo

Certe testimonianze degli atomisti greci erano sopravvissute durante tutto il Medioevo², in parte grazie agli scritti dello stesso Aristotele - che pure le critica, proponendone di alternative ed influenti per lo sviluppo del concetto di atomo [14].

Un altro canale di diffusione di quelle idee è la silloge di Diogene Laerzio [15], che diede luogo ad una complessa eredità [16] e verrà infine stampata nel 1533.

Ma il principale mezzo attraverso cui gli spunti dell'atomismo antico pervengono al pensiero europeo moderno è il

²Basta ricordare i noti e severissimi passi dell'Inferno dantesco su Democrito ed Epicuro; arrivando poi alla prima metà del 500, notiamo che essi sono menzionati con accenti ben diversi da François Rabelais (1483 o 1494-1553) - che, come Magnenus, fu medico.

De Rerum Natura di Lucrezio. La sua riscoperta (dovuta a Poggio Bracciolini) avviene nel 1417, l'*editio princeps* è del 1472/3 e la prima edizione commentata appare del 1511 [17]. Vale la pena di ricordare *en passant* il bel saggio filosofico di Serres [18] ed il godibilissimo volume di Greenblatt [19] che ricostruiscono il significato epocale di questa riscoperta.

Tali nozioni penetrano in profondità nel pensiero filosofico. Ne abbiamo molte testimonianze, p.e. in Galilei (1564-1642) e la sua scuola [20], ma persino in ambiti forse inaspettati, come tra i gesuiti, per diverse ragioni:

- le ricerche sul magnetismo, stimulate anche dalle missioni in Asia, sono guidate da visioni lucreziane;
- Padre Matteo Ricci (1552-1619) - che aveva studiato con Clavio (1538-1612) - mostra di conoscere le idee astronomiche di Democrito;
- Niccolò Cabeo (1586-1650) raccoglie addirittura spunti dell'atomismo lucreziano [21] ecc.

Insomma, dalla metà del cinquecento la discussione filosofica dell'atomismo riparte con nuovo slancio e nel seicento inizia a dare i suoi primi frutti.

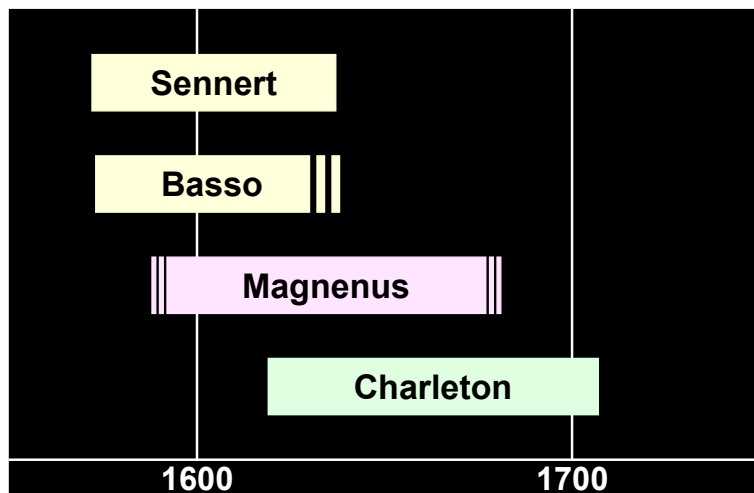


Figura 2.1: *Principali fatti cronologici relativi ad alcuni autorevoli medici-filosofi del seicento, fautori dell'atomismo; i riferimenti di Magnenus sono noti solo approssimativamente e la data di morte di Basso è ignota.*

2.3 L'atomismo di Magnenus

In questa sezione esamineremo l'atomismo di Magnenus da vari punti di vista. Prima di passare a questa discussione, segnaliamo due saggi che consentono di contestualizzarne meglio il significato, specie in ambito filosofico. Il primo è il ben noto testo di van Melsen, che fornisce una utile descrizione generale di come si è evoluto il concetto di atomo [14] dai Greci ai giorni nostri. Il secondo, che è più specifico e

senza dubbio più importante per la nostra discussione, è il libro di Clericuzio [22]; esso si focalizza sul modo in cui la filosofia corpuscolare si venne radicando nell'Europa del seicento.

2.3.1 L'apporto dei medici-filosofi

Evidenziamo nella figura 2.1 i principali dati cronologici di Magnenus ed altri tre medici-filosofi del seicento (due suoi predecessori ed un suo successore) che contribuirono alla rinascita dell'atomismo.

Si ricordi che il legame tra le indagini sulla materia e la medicina - presumibilmente la più antica delle scienze - è antichissimo. P.e., al netto delle testimonianze lacunose, confuse ed in parte addirittura falsate è fuor di dubbio che il padre della medicina, lo stesso Ippocrate di Coo, ebbe significativi contatti con Democrito. Addirittura, secondo Celso, Ippocrate “fu il discepolo di Democrito che separò la medicina dalla filosofia”, vedi p.e. [23]. Magnenus registra quell'opinione, ma subito dopo annota che

Ma Ippocrate non fu affatto un discepolo di Democrito, poiché era già un uomo anziano quando lo conobbe per la prima volta, come è chiaro nella sua lettera allo stesso Democrito, n. 31.³

³In latino: “Sed Democriti nequaquam discipulus fuit Hippocrates, erat enim jam Senex, cum illum primo cognovit, ut patet in epistola ad ipsum Democritum, nu. 31.”

In ogni modo, il sentimento di Magnenus sembra proprio essere quello di un medico-filosofo, che combatte per la vita, e anche se non può resuscitare chi non c'è più, si impegna a restituire al mondo le sue idee più preziose. Mentre questa considerazione potrebbe sembrare una concessione al lirismo, vale la pena di osservare che essa si palesa sin dal titolo dell'opera di cui ci interessiamo: *Democritus reviviscens*.

2.3.2 Il Democrito di Magnenus

Ora, anche se l'antico filosofo gioca un ruolo assai importante per Magnenus, ad un esame attento il suo Democrito è diverso da quello che conosciamo.⁴

Bisogna sempre tener presente che il *Democritus reviviscens* appartiene ad una fase di transizione del pensiero filosofico, nella quale l'impostazione dominante, di matrice aristotelica, viene pian piano messa in discussione, fino ad essere più tardi superata.

Per capire meglio il clima culturale dell'epoca, è sufficiente considerare il titolo di due opere: *Sull'accordo e il disaccordo dei chimici con aristotelici e galenisti* (1619) di Daniel Sennert e *Filosofia naturale contro Aristotele, in dodici libri*,

⁴Si veda per una posizione particolarmente colorita sul ruolo del pensiero democriteo in questo periodo [24], ma magari si prenda anche visione di questa targa alla memoria [25]. Si faccia ancora riferimento ai saggi [14, 22] sopra segnalati per una valutazione più puntuale.

in cui viene ripristinata la fisiologia segreta degli antichi e vengono confutati gli errori di Aristotele con solide ragioni (1649) di Sébastien Basson (Basso).

Come già ricordato, si tratta di due immediati ed influenti predecessori di Magnenus, verso i quali egli riconosce un debito intellettuale.

2.3.3 L'inizio della transizione verso un atomismo quantitativo

Nel saggio di Clericuzio [22], Magnenus è incluso tra le figure minori dell'atomismo *qualitativo*, osservando che gli inserimenti di elementi democritei in un pensiero aristotelico si attestano in posizioni più arretrate di quelle, diciamo, di Daniel Sennert, che pure lo precede.⁵ D'altro canto, la principale ragione per cui ci interesseremo di Magnenus riguarda il suo sforzo di affrontare un aspetto *quantitativo* dell'atomismo.

Inoltre, il senso del lavoro di Magnenus è dichiarato esplicitamente dall'autore stesso sin dalla prefazione del *Democritus reviviscens*, dove descrive [1, 4] quali attitudini caratterizzano i filosofi: ci sono quelli che si consumano dietro una tradizione di cui non vogliono cambiare niente; quelli che non accettano alcuna autorità e vogliono cambiare tutto;

⁵Si ricordi che per questo autorevole precursore di Magnenus, - anche lui medico e filosofo - il concetto democriteo di 'atomo' e quello aristotelico di 'minimum' sono in buona sostanza identificabili.

quelli al lavoro per includere nel corpus riconosciuto della conoscenza (che, si intende, è ancora intriso del pensiero di Aristotele) le acquisizioni dovute ad eccelsi filosofi antichi in precedenza trascurate. Va da sé che la posizione di Magnenus è proprio quest'ultima; una specie di archeologo o esploratore impegnato a recuperare indizi di una scienza perduta.

In effetti gli aspetti innovativi del *Democritus reviviscens* traggono linfa vitale proprio dagli apporti non aristotelici.

2.3.4 L'estensione degli atomi

Per la congettura che andiamo a descrivere l'unico elemento specifico dell'atomismo che ci interesserà prendere in considerazione è *l'estensione finita degli atomi*, che è un tratto comune a tutti gli atomisti antichi, inclusi Leucippo, Democrito, Epicuro e Lucrezio.

Si ricordi p.e. che la prima qualità attribuita da Newton ai corpi e alle loro parti minime, e posta alla base del suo sistema di filosofia naturale, sia proprio la loro estensione⁶ [26]:

“L'estensione, la durezza, l'impenetrabilità, la mobilità e la forza d'inerzia derivano del tutto dal-

⁶In latino: “Extensio, durities, impenetrabilitas, mobilitas & vis inertiae totius oritur ab extensione, duritie, impenetrabilitate, mobilitate & viribus inertiae partium: & inde concludimus omnes omnium corporum partes minimas extendi & duras esse & impenetrabiles & mobiles & viribus inertiae praeditas. Et hoc est fundamentum philosophiae totius”.

l'estensione, durezza, impenetrabilità, mobilità e forza d'inerzia delle parti: e da ciò concludiamo che tutte le parti più piccole di tutti i corpi sono estese, dure, impenetrabili, mobile e dotate di inerzia. E questo è il fondamento dell'intera filosofia."

Insomma, l'estensione è una caratteristica degli atomi che si consolida fortemente nella nascente meccanica e che, come si sa ma giova dirlo ogni tanto, è corroborata dai risultati della scienza moderna.

2.4 *L'Arenario di Archimede*

Le idee espone in *L'Arenario*, che pure riguardano il macrocosmo, esercitano una potente influenza intellettuale su Magnenus, come risulta chiaramente già dal brano che esamineremo poco sotto.

Al fine di contestualizzare il significato di questo specifico scritto, è importante puntualizzare che *L'Arenario* perviene piuttosto tardi all'attenzione degli intellettuali europei. Come ricordato da Clagett [27, 28], la prima traduzione in latino di quest'opera (a partire dal "manoscritto A") venne effettuata solo nel 1450 da Giacomo da Cremona; l'evento cruciale che ne garantì la diffusione fu la sua inclusione nell'*editio princeps* dell'opera di Archimede, che venne stampata a Basilea nel 1544.

Mentre è ampiamente riconosciuto che matematica e filosofia procedevano mano nella mano nei primi periodi della civiltà greca, si tende spesso (assecondando suggestioni filosofiche successive) a considerare le conoscenze ellenistiche per compartimenti stagni, ponendo rigide barriere in particolare tra la filosofia da una parte, e la matematica e l'astronomia dall'altra. Ma è poco credibile che acquisizioni intellettuali quali la teoria eliocentrica - inizialmente formulata da Aristarco e peraltro descritta proprio ne *L'Arenario* - abbiano avuto un impatto tanto inferiore ai tempi di Archimede che ai tempi di Copernico. Esamineremo più in avanti l'opinione di Magnenus sull'eliocentrismo, espressa proprio nel brano che andiamo a presentare.

Annotazioni Per completare la valutazione, cade a proposito una arguta chiosa di Ryan J Johnson [29]:

“Secondo Michel Serres e Jürgen Mau, Archimede è il matematico degli atomisti. Serres sostiene addirittura che «l'universo atomista è archimedeo⁷».”

che fa riferimento al libro di Serres su Lucrezio sopra citato⁸ [18] e a questo lavoro [33], utilizzato in un interessante

⁷Torneremo sull'aggettivo 'archimedeo' nella sezione 5.1.1 per illustrare un significato specifico di questo termine in matematica.

⁸Le connessioni tra Archimede e l'atomismo evidenziate da Serres sono state considerate con maggiore o minore attenzione dai critici di vari paesi; si confrontino p.e. [30] e [31]. Un recente saggio [32] elabora il punto e sostiene che certe sistematiche omissioni culturali potrebbero

corso universitario su Archimede [34].

Non sembra inutile ricordare che l'unico dei grandi filosofi antichi menzionato da Archimede di Siracusa (nel *Metodo*) sia proprio Democrito. È certo possibile considerare questo fatto in modo riduttivo⁹ ma è anche possibile considerarlo come un tributo e un'adesione di Archimede ad un certo tipo di approccio alla conoscenza, che sfrutta gli strumenti della matematica per fare filosofia naturale. Vedi p.e. [35, 36]; ma sarebbe sufficiente accorgersi di che tipo di operazione intellettuale venga effettuata nel *Metodo*.

Tutto porta a credere che Magnenus percepisse questo programma conoscitivo e desiderasse riuscire ad aderirvi.

avere natura sintomatica.

⁹Per capirci, intendiamo riferirci a chi professa pregiudizi del tipo “ad Archimede importava la matematica, e Democrito in fondo era un matematico”, limitativi nei confronti della storia del pensiero e a mio avviso persino fuorvianti.

Capitolo 3

Opinioni su Magnenus e la sua congettura

In questo capitolo, riassumiamo le principali opinioni su Magnenus nella letteratura moderna. Come vedremo, mentre i primi studi di storici e filosofi hanno riconosciuto un certo valore del *Democritus reviviscens* nel contesto dell'epoca, quelli più recenti l'hanno vieppù ridimensionato, fino ad arrivare vicini a sostenere la marginalità del suo apporto, dimostrandosi sempre meno interessati ai tentativi di quantificare il numero degli atomi, a partire dal primo, quello di Magnenus.

Per contrasto, la comunità scientifica si è mostrata sempre più interessata a Magnenus, in special modo proprio alla congettura sul numero degli atomi che esamineremo nel se-

guito di questo saggio - o meglio ancora, al risultato numerico, piuttosto che all'argomento con cui egli pervenne alla sua stima.

Queste considerazioni giustificano un qualche interesse a fare un passo indietro e prendersi un po' di tempo per procedere con una disamina analitica ed approfondita della congettura stessa.

3.1 Le posizioni di storici e filosofi

Anche focalizzandosi sul solo Magnenus, riuscire a presentare con completezza l'opinione dell'intera comunità degli storici e dei filosofi è molto impegnativo: per queste ragioni, ci limiteremo a menzionare alcuni lavori pertinenti dell'ultimo secolo che ci sembrano rappresentativi della discussione.

Partendo dagli storici, iniziamo con uno dei primi contributi apparsi su Isis [37] e dichiaratamente preparato in consonanza con una affermazione di Dalton, che la teoria atomica "è sorta, con uno sforzo della scienza moderna, come una fenice dalle ceneri della vecchia filosofia greca". In questo lavoro, Magnenus è presentato come il maggior atomista della scuola italiana della prima metà del '600, e le sue idee vengono descritte in dettaglio.

Il celebre articolo di Maria Boas [38] articola il contesto, puntualizzando il ruolo di Magnenus nella tradizione atomisti-

ca dell'epoca.

Nella monumentale storia della chimica in quattro volumi di Partington, Magnenus [39] è il primo autore discusso nel capitolo 13 sul revival dell'atomismo nel seicento, appena prima di Gassendi, Morin, Charleton, ecc. (a Boyle è dedicato il capitolo 14). La sue idee su elementi ed atomi sono commentate, illustrando alcune sue curiose (a volte retrograde) posizioni; quanto alla stima che ci interessa, tutto quello che si dice in quella scheda è "il risultato viene considerato incerto".¹

Breve invece e molto incisivo il libro dello storico, fisico e filosofo Lancelot Law Whyte, che annota [40]:

"L'effetto di questa tendenza relativa alle idee atomistiche è testimoniato dal fatto che tra il 1646 e il 1691 almeno sette scienziati europei (cinque prima di Newton) produssero o discussero stime, derivate da misure fisiche, di un limite superiore per le più piccole unità di materia utilizzate"²

Naturalmente, il primo dei sette è proprio Magnenus, seguito da Charleton, Gassendi, Boyle, van Leeuwenhoek, New-

¹In originale "the result is regarded as uncertain".

²In inglese: "The effect of this trend on atomic ideas is evidenced in the fact that between 1646 and 1691 at least seven European scientists (five before Newton) made or discussed estimates, derived from physical measurements, of an upper limit for the smallest units of the material used".

ton ed Halley.

Un lavoro interessante [41] del filologo ed esperto di atomistica antica Alfred Stückelberger argomenta in modo convincente le ascendenze lucreziane del pensiero di Magnenus. L'autore, commentando la stima del numero degli atomi, nota quanto segue:

“La novità è che qui, per la prima volta nella teoria atomica, si passa consapevolmente dal pensiero puramente qualitativo al calcolo quantitativo.”³

Nel 1977, Ugo Baldini evidenzia con fermezza il ruolo di filosofo di Magnenus, anziché che quello di (proto) scienziato [42].

Undici anni dopo compare un influente articolo del chimico e storico della scienza Christoph Meinel [43], che sostiene sin dal titolo l'insufficienza della fase di indagine sperimentale tra gli atomisti del '600. Il ruolo di Magnenus nella tradizione dell'epoca è riconosciuto, ma rimarcando le debolezze del suo pensiero filosofico. Meinel presenta la stima quantitativa che discuteremo poco sotto, dichiarando con passione di non essere convinto del suo significato. Ecco le sue parole

“Ma cosa dimostra il fatto che il numero di atomi

³In tedesco: “Neu daran ist, daß hier zum erstenmal in der Atomtheorie bewußt ein Schritt vom rein qualitativen Denken zum quantitativen Berechnen getan wird.”

così calcolato si avvicina sorprendentemente alle cifre moderne, come non ha mancato di sottolineare un recente storiografo?⁴ Queste meditazioni sugli atomi dell'incenso erano davvero calcoli scientifici o solo il risultato di un noioso sermone che Magnenus doveva ascoltare nella chiesa della sua parrocchia?"⁵

Questo lavoro ha un forte impatto sulla discussione; p.e., il prezioso e già citato saggio di Clericuzio [22] ricorda che Boyle accomuna Magnenus con altri pensatori francesi ed inglesi ben riconosciuti (vedi sezione 1.1) ma non dà particolare rilievo a questo pensatore nel panorama culturale dell'epoca.

Inoltre, l'enciclopedia filosofica di Stanford non menziona affetto Magnenus tra gli atomisti del seicento [44] né il suo argomento. L'estensore è il filosofo Alan Chalmers, autore di un noto libro sull'atomismo [45] in cui rimarca la differenza tra l'approccio della filosofia e quello della scienza, e dove l'autore si dichiara d'accordo con la posizione di Meinel.

⁴Il riferimento è a [41], ma notiamo che il numero di atomi citato da Meinel in [43], $7,7 \cdot 10^{19}$, differisce di 2 ordini di grandezza da quello di Stükelberger [41], che coincide invece con quello Magnenus.

⁵In inglese: "But what does it prove that the number of atoms computed in this way comes surprisingly close to modern figures, as a recent historiographer did not fail to underline? Were these meditations on incense atoms really scientific calculations, or merely the outcome of a boring sermon Magnenus had to listen to in his parish church?"

In conclusione, l'ultima discussione tra i moderni filosofi e storici della scienza relativa alla stima quantitativa di Magnenus è apparentemente quella, molto autorevole e severa (seppure non di natura analitica) a firma di Meinel ed apparsa nel 1988.

3.2 L'interesse nella comunità scientifica

Indipendentemente dalle più recenti posizioni su cui si sono attestati i filosofi e gli storici, la comunità scientifica moderna ha espresso un vivo interesse nei confronti della prima congettura sul numero degli atomi.

Pe., il chimico inglese John N. Murrell [46], parlando della procedura che Magnenus adotta, sostiene che egli

“descrive un esperimento in cui ha studiato la diffusione dell'incenso in una chiesa; un'idea piuttosto simpatica se si sa quante molecole servono per sentire l'odore dell'incenso”⁶

Il capitolo introduttivo di un bel libro sui pionieri della chimica [3], a cura di Klaus Ruedenberg e W. H. Eugen Schwarz, nota che

⁶In inglese “describes an experiment in which he studied the diffusion of incense in a church; quite a nice idea if one knows how many molecules it takes to smell incense”.

“il medico franco-italiano Johann Chrysostomus Magnenus ha prodotto i primi dati quantitativi atomici di sempre”⁷

Successivamente, il chimico Martin Quack [47], in un bel saggio che tocca molti punti di epistemologia, ragionando sulla stima del numero di atomi sopra ricordata dichiara che Magnenus

“ha presentato un limite inferiore basato sull’ipotesi che almeno una molecola fosse necessaria per generare l’odore dell’incenso nel nostro naso”⁸

La stessa opinione è ribadita anche in Italia, p.e. nel gradevolissimo libro divulgativo di Malvaldi [48], anche se in forma letteraria molto più divertente, p.e. aggiungendo delle considerazioni quantitative sul volume del naso, che pure non riusciamo a far corrispondere al testo originario (presentato nel prossimo capitolo).

Concludiamo questa carrellata, probabilmente incompleta ma sperabilmente indicativa, notando che anche un utile e recente lavoro di ricerca [49] pubblicato su NATURE PHYSICS mette in risalto la stima di Magnenus, pur senza sbilanciarsi troppo sul metodo seguito, e la confronta rispettosamente con le risultanze di metodi più moderni.

⁷In inglese “the French-Italian Physician Johann Chrysostomus Magnenus produced the first quantitative atomic data ever”.

⁸In inglese: “gave a lower bound based on the assumption that at least one molecule was necessary to generate the sense of smell of incense in our nose”.

Capitolo 4

Il testo in italiano

Il libro di Magnenus [1] è in latino, una delle due lingue ufficiali del Sacro Romano Impero.

Dopo un'ampia introduzione a Democrito, il trattato è organizzato in tre parti (*disputatio*): la prima sugli elementi e i fondamenti della dottrina; la seconda sull'ipotesi che la materia abbia composizione atomica, sulle proprietà degli atomi e loro misture; la terza sulle implicazioni.

Ogni parte (preceduta da definizioni, principi e postulati) è divisa in capitoli, composti da un ben ordinato insieme proposizioni e obiezioni. La forma della presentazione mima un po' il modo di procedere di Euclide, ma non è in questo molto diversa ad esempio dal successivo *The Sceptical Chymist: or Chymico-Physical Doubts & Paradoxes* di Boyle (1661).

Nella seconda parte, capitolo III (sulle proprietà degli atomi), compare l'argomento che ci interessa, che qui di seguito riportiamo interamente, in originale e in traduzione; successivamente, lo commenteremo ed analizzeremo.

Riportiamo qui di seguito il brano di Magnenus, nel quale compare la congettura che ci interessa, in lingua italiana, in mia traduzione.

Il testo in latino è in appendice [A](#).



Nota tipografica

Dalla prossima pagina e nel seguito di questo quaderno, trascriveremo le parole di Magnenus - in originale o in traduzione - usando un carattere **di questo colore**, al fine di evidenziare al massimo le risultanze testuali, distinguendole da annotazioni, interpretazioni e commenti.

4.1 **Proposizione XXIII. *Avanzerò qualche congettura sulla piccolezza degli atomi***

In primo luogo è certo che nessun atomo può cadere sotto i sensi, sicchè neppure uno può essere toccato singolarmente, sebbene molti messi insieme siano percepibili; quindi non c'è atomo che abbia un'estensione uguale a quella che è percepita dal senso.

È certo, in secondo luogo, che gli atomi hanno una loro forma, e quindi estensione, che io chiamo matematica: primo, che non è divisibile fisicamente, ma solo per designazione; secondo, perché può essere solo immaginata, e per linee immaginarie, cioè dalla matematica, ma non in fisica.

Terzo, è certo che, per quanto piccoli possano essere gli atomi, tuttavia possono essere contati, la finitezza essendo determinata dalla finitezza, fino a costituire l'universo mondo.

Archimede, nel suo libro sul numero dei granelli di sabbia, criticò Aristarco di Samo, il principe dell'astrologia, che Copernico ha innovato, perché disse che l'orbita terrestre non aveva proporzione al firmamento, e che il quinto cerchio che

la terra percorre nel sistema pitagorico è come un punto nei confronti delle stelle. Ma Aristarco parlava di proporzione percepibile, poiché in tal senso è certo tra gli astrologi che la terra è come un punto rispetto al firmamento.

Archimede, tuttavia, mostra che ci sia una proporzione anche tra un granello di papavero e il mondo intero, e sicuro della propria ragione, quel Fenicio di geniali risorse fece questa audace proposta, che ogni dato peso possa essere mosso da una data potenza; e giustamente indica l'obiettivo, che si debba assegnare una proporzione all'insieme di tutti gli atomi, e all'intero universo delle cose, poiché è lecito stimare quanti atomi ci sono nell'universo. Vediamo quanto sono piccoli.

Plinio (NATURALIS HISTORIA, Libro 11) dice che in nessun altro luogo la maestria delle cose naturali è più spettacolare che negli insetti:

Nei grandi corpi, certo nei più grandi, l'opera per la materia duttile fu più facile: in questi tanto piccoli e quasi inesistenti quanta intelligenza, che forza, che indescrivibile perfezione! Dove sono stati collocati i sensi nella zanzara? Ci sono tante cose minute di cui parlare: dove venne distribuita la vista? Dove è stato posto il gusto? Dove è stato messo a servizio l'odorato? Dove

è stata inserita quella voce rabbiosa e possente in proporzione al corpo? Con quanto acume ha unito le ali, ha allungato le punte delle zampe, ha disposto una cavità affamata come ventre, ha acceso una sete avida di sangue principalmente umano. Ne testimonia l'ingenuità la lancia che ti ha trafitto; seppur visibile a malapena, fu generata una tale opera d'arte multiforme, aguzza nello scavare, e scanalata come un flauto nel bere.

Guarda la straordinaria testa della zanzara, fucina di tanti sensi, e ne ammirerai gli occhi, contraddistinti da umori, tuniche e nervi, pieni di spiriti animali: quale delicatezza essi hanno? Nel piede ci sono membrane, ossa, midollo, nervi, tendini, muscoli, vasi deferenti che nutrono il fluido dell'animale e una complessa struttura di parti. Ma siccome c'è un solo spirito, vitale o animale, e un singolo aggregato è costituito da molte migliaia di atomi, perché pochi non possono fare una struttura, né dare forma a nulla, certamente non ad un essere vivente, quanti atomi può contenere lo stesso animale?

Notai più volte che un granello di incenso bruciato era così disperso da riempire una stanza settecento e più milioni di volte più grande di esso. Quella stanza avrebbe facilmente accolto:

In altezza: 720 grani

In larghezza: 900 grani

In lunghezza: 1.200 grani

In superficie: 648.000 grani

In volume: 777.600.000 grani

Poiché dunque non c'era porzione percettibile dove l'aria non odorasse, e l'alito e il grano di incenso erano grandi come un cece, che potevano essere divisi in almeno mille parti percettibili senza usare il fuoco, segue che il numero di parti percettibili odorose era 777.600.000.000.

Ciascuna di quelle parti era mescolata alle altre, ed è *probabile* che non ce ne fosse alcuna che contenesse meno di un milione di atomi di elemento; sicché, secondo questa regola, in questo grano di incenso, non eccedente la grandezza di un pisello, ci sarebbero stati non meno di 777.600.000.000.000.000 atomi di elemento.

Da cui è chiaro quanto sia piccolo un singolo atomo e si può dedurre il numero di atomi nell'intero universo. Clavio, nel capitolo 1 del trattato sulla Sfera del cosmo, supponendo che

10.000 granelli di sabbia equivalgano ad un seme di miglio, calcola quanti potrebbero riempirlo e trova quel numero intero: 1 seguito da cinquanta zeri. Ma gli esempi sugli animali forniti sopra ci convincono che ci siano molti più atomi. Su di essi non si possono far altro che congetture: perché chi sa se gli atomi del fuoco sono più grandi o più piccoli di quelli dell'acqua e della terra? Chi conosce la piccolezza degli atomi dell'aria, tutte le profondità dei cieli o può stimare la fede dei Beati?

È una pazzia immaginare l'estensione dell'universo ed osare parlarne! come se, chi non conosce sé stesso, potesse misurare ogni cosa.

Plinio, STORIA NATURALE Libro 2

Capitolo 5

Osservazioni preparatorie

Per prepararci all'esame della congettura vera e propria, oggetto dei prossimi capitoli, in questo raccoglieremo due tipi osservazioni preliminari sul brano appena presentato:

- per prima cosa, esamineremo la letteratura citata e puntualizzando i due tipi di fonti a cui Magnenus attinge: quella della tradizione consolidata ma anche a quella che svolge una funzione innovativa e che viene adoperata in chiave atomistica;
- poi, commenteremo ed annoteremo in dettaglio il contesto del brano, allo scopo di inquadrare con precisione la congettura che ci interessa.

Nel prossimo capitolo, analizzeremo puntualmente la congettura sul numero degli atomi, evidenziandone tanto i pregi quanto i difetti; nel successivo procederemo proponendo alcune ipotesi interpretative, per chiarirne quanto più possibile il senso.

5.1 La letteratura citata

In questa *propositio*, la letteratura citata direttamente si riduce a soli tre testi, e precisamente (nell'ordine)

- ★ “L’Arenario” di Archimede di Siracusa [50, 51]
- ★ La “Storia naturale” di Plinio il Vecchio [52, 53]
- ★ Il commento di Clavio [54] del libro “Sulla sfera del cosmo” di Giovanni Sacrobosco [55].

Inoltre, come vedremo bene nel seguito, l’ultimo rimando è un richiamo quasi diretto a *L’Arenario*.

Dunque, come anticipato, questo tentativo di determinazione degli atomi si basa essenzialmente su due fonti:

1. i vari appelli ad una tradizione riconosciuta (Plinio) che è sostanzialmente estranea all’atomismo;
2. l’apporto innovativo ed essenziale, quello che fornisce a Magnenus gli spunti per procedere nel ragionamento, costituito dall’incontro col pensiero di Archimede.

5.1.1 L'ipotesi sulla distanza delle stelle fisse

Il primo testo è evidentemente di grande ispirazione per Magneus, e per questo, vale la pena di esaminarlo subito e molto attentamente. Il passaggio di massimo interesse riguarda una ipotesi avanzata da Archimede sulle dimensioni dell'universo, che precisa una delle affermazioni di Aristarco, il creatore del modello eliocentrico. Archimede sostiene che le stelle non sono a distanza infinita dal nostro sistema solare. Secondo la traduzione dal testo di Heath [50], egli ragiona come segue:

“Dobbiamo tuttavia ritenere che Aristarco intenda questo: [...] il rapporto che la terra ha con ciò che chiamiamo *cosmo* è lo stesso che la sfera contenente il cerchio, in cui la terra è concepita per girare, ha con la sfera delle stelle fisse. [...] Poiché [...] egli sembra supporre che la grandezza della sfera in cui fa muovere la terra sia uguale a ciò che chiamiamo *cosmo*.”¹

Riportiamo anche la versione in italiano di Fleck [51] dello stesso passo:

“È da credere allora che Aristarco intendesse piut-

¹In inglese: “We must however take Aristarchus to mean this: [...] the ratio which the earth bears to what we describe as the *universe* is the same as the ratio which the sphere containing the circle in which he supposes the earth to revolve bears to the sphere of the fixed stars [...] For [...] he appears to suppose the magnitude of the sphere in which he represents the earth as moving to be equal to what we call the *universe*”.

tosto questo: poiché supponiamo che la Terra coincida approssimativamente col centro del cosmo, [si può anche supporre] che la sfera in cui giace il supposto cerchio descritto dalla Terra, stia alla sfera delle stelle fisse come la Terra sta alla sfera che chiamiamo mondo.”

Dunque, le lunghezze di grandezza crescente di cui si ragiona sono queste tre: 1. le dimensioni della terra; 2. le dimensioni dell’orbita terrestre (κόσμος, tradotto sopra come cosmo oppure mondo); 3. la distanza delle stelle fisse.

Nel linguaggio corrente, che dovrebbe risultare familiare ad ogni studente dalla scuola media inferiore in poi, l’ipotesi avanzata da Archimede viene riassunta in modo succinto dalla seguente proporzione,

$$\begin{array}{ccccccc} \text{raggio} & & \text{dimensioni} & & \text{dimensioni} & & \text{distanza} \\ \text{della} & : & \text{orbita} & = & \text{orbita} & : & \text{delle} \\ \text{terra} & & \text{terrestre} & & \text{terrestre} & & \text{stelle} \end{array}$$

che è di natura speculativa ma basta per assicurare che l’effetto del moto della terra non causi uno spostamento *osservabile* delle stelle più vicine, rispetto a quelle più lontane. Per maggiore discussione, vedi appendice [B](#).

A parte i dettagli (che però hanno qualche importanza per il seguito della discussione) vediamo che l’idea di fondo de *L’Arenario* è che si possa misurare ogni grandezza con una qualsiasi unità di riferimento, per piccola che sia, che risulta del tutto convincente ed evidente all’intuizione nel con-

testo della geometria (piana o sferica) di Euclide²: una idea che, come vedremo, Magnenus prova ad usare.

5.1.2 Gli altri testi citati e la loro funzione

Si noti, nel richiamo ad Archimede, un passaggio assai interessante, che ci rimanda (seppur indirettamente) ad un altro importante testo:

Aristarco, il principe dell'astrologia, che Copernico ha innovato

Quindi è del tutto evidente:

- che Magnenus conosce l'opera dell'astronomo polacco (che era apparsa postuma nel 1543);
- che egli ritiene evidenti i debiti intellettuali che Copernico contrasse con Aristarco.

Rimandiamo al noto saggio di Lucio Russo [11] per una discussione di come quest'ultima convinzione fosse diffusa tra gli studiosi dell'epoca di Magnenus e si modificò solo successivamente.

Ai fini del presente discorso, ci basterà solamente prendere atto che, per Magnenus, Copernico stesso apparteneva ad un filone di pensiero di derivazione ellenistica, senza che

²La sua generalizzazione consiste nell'assioma di Eudosso-Archimede, detto a volte 'archimedeo' per brevità. Una sua formulazione è la seguente: "dati due segmenti di lunghezza diversa, esiste sempre un multiplo del minore che supera in lunghezza il maggiore".

questo intaccasse né il significato rivoluzionario dell'eliocentrismo né il valore delle innovazioni copernicane.

Il secondo testo direttamente citato, la *Storia naturale* di Plinio, è un po' l'enciclopedia dei fatti di natura dell'epoca. Mentre Archimede costituisce la novità intellettuale da cui trarre fruttuosi spunti, Plinio rappresenta la tradizione con cui ci si deve confrontare. Vengono riportati due brani della *Naturalis Historia*:

1. il primo descrive l'incredibile complessità degli insetti - della zanzara nella fattispecie;
2. il secondo breve passaggio esprime dei dubbi sulla possibilità di misurare il numero di atomi, e mette in guardia il lettore sulla natura speculativa della stima proposta.

Li esamineremo nel seguito.

Infine, il terzo testo fa riferimento ad un passo specifico dell'astronomo e matematico Clavio, *Digressio de arenae numero* (una digressione sul numero dei grani di sabbia), che non è altro che una esposizione ragionata delle idee di Archimede; in altre parole, questo ultimo riferimento non aggiunge concetti nuovi, ma è probabilmente il modo in cui Magnenus incontra Archimede.³ Si veda la figura 5.1.

³È utile ricordare che Giovanni Sacrobosco, che Clavio commenta, non fu solo il maggior divulgatore delle nozioni di Tolomeo, ma anche lo scrittore che ebbe il massimo ruolo nell'introdurre e diffondere in Eu-

Ci sono pochi dubbi che capire e profittare delle teorie di Archimede, all'epoca, risultasse difficile anche per chi era a pieno titolo impegnato nella pratica della matematica.

Ma, al contempo, non si dovrebbe scordare che i pensatori ed artisti del Rinascimento trassero forza ed ispirazione da un atteggiamento proprio dell'antichità greca: quello di non parcellizzare gli ambiti della cultura.

5.1.3 Nota su astrologia e astronomia

Si noterà infine che, nonostante il libro di Magnenus sia fortemente basato sull'atomismo, nei passaggi che stiamo discutendo non si citano esplicitamente Democrito, Epicuro, Lucrezio o altri filosofi greci della tradizione classica, ma piuttosto, solo naturalisti, matematici ed "astrologi", un termine che, nel contesto del discorso, indica degli astronomi.

Questa considerazione consente una lettura un po' diversa dell'affermazione riportata da Westfall nella scheda su Magnenus [5]:

"Le opere di Magnen rivelano una grande predilezione per l'astrologia, che egli definiva la regina delle scienze. Pensava che pochi di coloro che la seguivano ne comprendessero davvero l'utilità."⁴

ropa la notazione indo-araba dei numeri, ormai consolidata ai tempi di Magnenus.

⁴In inglese: "Magnen's works reveal a great predilection for astrology,

Notiamo che anche altri autori moderni parlano di astrologia in connessione a Magnenus, intendendo il termine in senso moderno; p.e. la scheda su Magnenus in [39] include questo scarno inciso: “Magnenus believed in astrology”. Ma forse il punto dovrebbe essere discusso un po’ più diffusamente, magari arrivando a riconoscere che l’interesse precipuo di Magnenus nel *Democritus reviviscens* riguarda quello che oggi è detto ‘astronomia’.⁵

Vale la pena di ricordare che

- i termini astronomia ed astrologia restano a lungo interscambiabili nelle varie lingue europee; p.e. in inglese questa consuetudine cessa solo alla fine del seicento - vedi <https://www.etymonline.com/>;
- l’uso della “astrologia giudiziaria” o “astronomia giudiziaria” - una pratica vicina a quello che oggi chiamiamo ‘astrologia’ - era stato proibito da papa Sisto V nella bolla *Coeli et Terrae Creator* (1586).

which he called the queen of the sciences. He thought that few who followed it really understood its usefulness.”

⁵Senza nulla togliere al fatto che all’epoca di Magnenus (come oggi peraltro) l’astrologia intesa nel senso corrente interessava molto il popolo, come testimoniato p.e. dallo scambio tra Torricelli e Cavalieri, citato da [56]; e che vari astronomi del Rinascimento, inclusi Copernico e Keplero, praticavano lo studio e la pratica dell’astrologia - una pratica che risale al periodo successivo alla crisi della scienza ellenistica, come testimoniato dal Τετραβιβλος di Tolomeo (II secolo) [11].

5.2 Il contesto della congettura

Prima di esaminare a fondo la determinazione di Magnenus del numero di atomi (lo faremo nel prossimo capitolo) partiamo dal contesto: qui di seguito, analizziamo con attenzione il modo in cui quella congettura si inserisce nel brano che abbiamo appena letto.

5.2.1 Il titolo

Notiamo per prima cosa il titolo, nel quale risalta la parola **congettura**: non si tratta pertanto di fatti acquisiti, ma di una ipotesi, meritevole di essere descritta e discussa.

(Ci sembra doveroso sottolineare che la formulazione cosciente di ipotesi coerenti e motivate è alla base di quello che si chiama scienza ipotetico-deduttiva; ed anzi, è forse il passaggio più delicato di questo tipo di discipline conoscitive.)

5.2.2 I tre postulati

Il testo inizia con tre postulati dell'atomismo. Il primo dichiara l'estensione finita degli atomi, ed il fatto che solo loro insieme siano percepibili ai nostri sensi. Facendo riferimento alla precedente nota a pie' di pagina numero 2 vediamo un primo appello all'assioma archimedeo.

Il secondo postulato invece è un riferimento diretto alle ipotesi di Democrito; gli atomi hanno una qualche estensione fisica, ma sono fisicamente indivisibili, essendo composti di materia primordiale - l'arché, usando la terminologia dei filosofi presocratici.

Il terzo postulato, ed in particolare l'annotazione

è certo che, per quanto piccoli possano essere gli atomi, tuttavia possono essere contati

è forse quello più interessante per un lettore moderno. Esso richiama alla mente risultati della storia della scienza che sono molto successivi, ed in effetti, il *Democritus reviviscens* è stato menzionato in certe discussioni della costante di Avogadro [46]. Ma è bene rimarcare le differenze:

- La legge di Avogadro,⁶ trattando un gas diluito ("ideale") prescinde dalle dimensioni degli atomi, mentre l'argomento di Magnenus, strettamente parlando, tratta il volume di un corpo solido e dipende dallo specifico tipo di 'atomi' (o, nel linguaggio corrente, molecole) considerati.
- Inoltre, tale legge è ben inserita nel contesto della discussione: presuppone i precedenti progressi della chimica e ne consente di nuovi; mentre il punto di Magnenus, come vedremo, ha uno stato ed un ruolo sto-

⁶Ricordiamo *en passant* l'enunciato della legge di Avogadro: *nelle stesse condizioni di temperatura e pressione, volumi uguali di gas diversi contengono un numero uguale di molecole*. Per una discussione del suo interessantissimo e complesso cammino storico si veda [57].

rico diverso.

Piuttosto, si dovrebbe apprezzare l'approccio verso la matematizzazione della realtà, proprio della filosofia democritea [13].

Riportiamo in conclusione il commento di Walter Charlerton, all'inizio del Chapter IV, page 111 di [7]:

“Gli atomi [...] devono avere dimensioni reali [...] Il che è alla base dei postulati di Magnenus”.⁷

che ci sembra proprio metta l'accento esattamente sul punto principale dell'argomentazione.

5.2.3 L'appello ad Archimede

Subito dopo i postulati, compare in gran risalto un appello ad Archimede.

Come già menzionato, il grande siracusano propone l'idea che le stelle sono sì ad una distanza enorme, ma pur sempre definita. Magnenus è colpito dal modo in cui Archimede riesce a pervenire ad una congettura sulle cose più grandi del cosmo, ed intende provare a fare qualcosa del genere per procedere nell'indagine di quelle più piccole.

Ed a questo punto, l'autore formula il proposito, che

⁷In inglese: “Atoms [...] must have dimensions real [...] Which is the ground of 3. Magnenus postulates”.

è lecito stimare quanti atomi ci sono nell'universo.

Ecco dunque enunciato l'obiettivo ultimo della discussione; Magnenus sente che ha preso confidenza col terreno di Archimede e ci dice che si può procedere oltre.

5.2.4 Il primo brano dalla *Naturalis Historia*

Segue una citazione di un bel brano di Plinio il vecchio, che ci guida a considerare le meravigliose caratteristiche di una creatura tanto piccola come una zanzara.

I commenti di Magnenus evidenziano la conseguenza necessaria, nell'ambito del pensiero atomistico, che la dimensione degli atomi debba essere incredibilmente piccola, ed il loro numero prodigiosamente grande, per poter dare ragione di tutti questi aspetti. Seppure questo rilievo non abbia natura quantitativa, è un forte e convincente appello al lettore.

È molto interessante l'uso che fa Magnenus di questa riflessione naturalistica; una volta accettato di portare avanti l'ipotesi dell'esistenza di atomi con dimensione finita, non ci basta nasconderli alla vista - per far questo, dovremmo solo immaginarli più piccoli dei granelli di sabbia di Archimede, ovvero, più piccoli di circa 0,1-0,01 mm [58] - ma ci troviamo a considerare seriamente la possibilità che essi siano *molto*

più piccoli.⁸

Ci sembra il caso di mettere in enfasi questa considerazione perché da essa traspare lo sforzo di Magnenus di inserire un elemento di novità in una tradizione sostanzialmente estranea all'atomismo; tanto più che l'operazione risulta piuttosto convincente.

5.2.5 Il numero di atomi dell'universo e la chiusa

Subito dopo l'argomento (che discuteremo nella sezione successiva) si considerano le implicazioni della congettura proposta; il numero di atomi che compongono l'universo deve essere più grande degli ipotetici granelli di sabbia, che Clavio sulla scorta di Archimede ha calcolato.

Ma le stime del numero di atomi sono congetturali ed incerte, e Magnenus nota che atomi di tipo diverso potrebbero avere dimensioni diverse. Nella chiusa, si effettua una presa di distanza dalla congettura esposta citando nuovamente Plinio ed invocando una formula di sapore religioso.

⁸Appena un anno prima del libro di Magnenus, Marco Aurelio Severino pubblicò il suo *Zootomia democritæa* [59], una considerazione da testimonianza del clima culturale dell'epoca: le osservazioni della natura non devono più risolversi nel sentimento di *meraviglia* o limitarsi a registrare il fiorire di stupefacenti forme, ma possono guidare delle riflessioni sulle linee del pensiero democriteo. (Sembra che i due autori non si influenzarono direttamente).

Sebbene questo può indurre sorpresa in un lettore moderno, come ci sembra avvenga nel caso di Meinel [43], si dovrebbe forse ricordare che la storia aveva insegnato quanto fosse ragionevole procedere cautamente nel proporre ipotesi, che risultassero in contrasto con quelle generalmente accettate ai tempi di Magnenus.

Si vedano p.e. qui [60] gli atti giudiziari che menzionano Epicuro, Euclide ed Archimede, e, in uno dei processi a Campanella, anche Democrito.

Ricordiamo ancora che Giordano Bruno fu tra l'altro autore del libro *De minimo* [61] (che Magnenus non menziona); segnaliamo le opinioni aspramente critiche su Democrito del medico e filosofo Giulio Cesare Lagalla, riportate nel saggio di Bucciantini *Contro Galileo* [62]; e menzioniamo infine il saggio di Pietro Redondi [63, 64], che, in una operazione assai interessante anche se un po' controcorrente, ha puntualizzato la rilevanza del fatto che Galileo si professasse atomista nelle fasi che precedettero il suo processo.

Capitolo 6

La congettura di Magnenus presa alla lettera

Siamo pronti ad entrare nel vivo della discussione ed a passare all'esame dell'argomento con cui Magnenus intende stimare il numero di atomi. A prima vista, esso sembrerebbe essere a sé stante, ed infatti come tale viene a volte presentato nelle moderne pubblicazioni, p.e. in [43]. Anche se (come anticipato nel precedente capitolo) crediamo che, per essere correttamente apprezzato, questo argomento vada considerato nel contesto del brano, in questo capitolo proveremo a tenerci strettamente alla lettera. Adotteremo una attitudine formale e tendenzialmente critica, senza azzardare particolari supposizioni sul modo in cui Magnenus pervenne a questa congettura quantitativa; discuteremo qualche possibilità di questo tipo nel prossimo capitolo.

6.1 Parafrasi

Per semplificare l'esame, iniziamo parafrasando l'argomento in termini moderni. Si possono enucleare quattro proposizioni:

- 1) Si osserva che l'odore del grano di incenso pervade tutta la stanza,¹ e si misura la stanza in diametri $d=2r$ del grano di incenso, presunto sferico. Il volume della stanza è dato dal prodotto delle dimensioni dei lati, $V=720\times 900\times 1200 d^3$ che vale circa 800 milioni in unità di d^3 . Insomma: la stanza può essere suddivisa in 800 milioni di porzioni, ognuna delle quali conterrebbe un grano di incenso, ed ognuna delle quali odora di incenso - e quindi contiene 'atomi' di incenso.
- 2) Subito dopo, si nota che il grano può essere diviso almeno in 1000 parti, che sarebbero ancora visibili ad occhio nudo, e lo stesso viene predicato di ogni singolo 'alito' di incenso (*halitus*) che occupa una delle ottocento milioni di porzioni nelle quali abbiamo suddiviso la stanza.²

¹Per quanto sia plausibile che l'incenso fosse bruciato in una chiesa, preferiremo parlare di una "stanza" e non di una "chiesa" qui sotto, come preferiscono fare vari commentatori di Magnenus (vedi sezione 3), in quanto il termine usato nel brano originario è *locus* (vedi appendice A)

²Ci sembra ragionevole credere che, col termine *halitus*, Magnenus si riferisca alla porzione di incenso (o di gas) contenuto in ognuna delle ottocento milioni di porzioni della stanza.

denominazione della partizione	termine latino	parti elementari
atomo	atomus	1
parte	pars	10^6
porzione / alito	portio / halitus	10^9
grano	granum	10^{18}

Tabella 6.1: Partizioni considerate e numero indicativo di atomi in esse contenuto; la sostanza è in ogni caso incenso (thus).

- 3) Si suppone che ognuna delle parti di cui il precedente punto possa essere ancora divisa un milione di volte - o in altre parole, l'‘alito’ contiene almeno un miliardo di atomi di elemento ($10^3 \times 10^6 = 10^9$). *Notiamo che questo numero è simile al precedente: 800 milioni vale circa 10^9 (un miliardo).*
- 4) Infine, si moltiplicano i due numeri

$$8 \cdot 10^8 \times 10^9 = 8 \cdot 10^{17}$$

in questo modo si stima il numero di ‘atomi’ presenti nel grano di incenso.³

La tabella 6.1 riassume le varie quantità di cui si ragiona.

³Nella letteratura latina, la parola che corrisponde all'italiano atomo ha due forme per il caso nominativo: quella più vicina al latino, atomus, e quella più vicina al calco greco ἄτομος, ovvero atomos. Nel brano riportato in appendice A, Magnenus usa la forma latina nella seguente frase: *Ex quibus patet, quantæ sit parvitatibus atomus una*; si noti la concordanza al genere femminile di ‘atomus’ dell'aggettivo numerale.

6.2 Un esame critico

Per prima cosa, si noti che la stima non si basa su una descrizione accurata di come funziona il sistema olfattivo; Magnenus si limita a prendere atto degli effetti descritti nella proposizione 1) - ovvero, riconosce che le parti del granello combusto hanno occupato l'intera stanza - ma non ragiona oltre sul modo in cui il naso risponde agli odori. Siccome il punto è importante, vorremmo ribadirlo: la congettura di Magnenus non è basata sul meccanismo che, a partire dagli atomi, produce la sensazione; si confronti con altre affermazioni a proposito, come quelle fatte in sezione 3.2.

In secondo luogo, dobbiamo riconoscere che l'argomento difetta di coerenza, Leggiamo p.e. il passaggio chiave della proposizione 2)

e l'alito e il grano di incenso erano grandi come un cece, che potevano essere divisi in almeno mille parti percettibili senza usare il fuoco

Magnenus è convinto che non solo ogni grano, ma anche ogni 'alito' possa essere diviso in 1000 parti. Questo non è stato dimostrato, ma solo presentato come plausibile o ragionevole. Possiamo formulare lo stesso dubbio riferendoci alla proposizione numero 3); da dove viene fuori il fatto che ogni "parte pensata" dell'"alito" contiene un milione di atomi?

Se fosse dimostrata la possibilità di dividere il grano di incenso in due modi diversi e consecutivi potremmo certo ac-

ettare la conclusione. Esponiamo allora in esplicito una riserva che si potrebbe avanzare: dal punto di vista della logica formale, non sembra possibile escludere che ogni alito contenga un numero di atomi inferiore quanti sostiene Magnenus (ovvero, 10^9). Addirittura, sembrerebbe possibile supporre che la combustione nel turibolo si limiti a separare un miliardo circa di porzioni tra di loro, che ognuna di esse contenga pochi atomi (magari un atomo solamente) e che poi, questi vadano ad occupare una delle circa ottocento milioni di porzioni della stanza, da dove potranno essere percepiti. È evidentemente una esagerazione, serve solo per mettere alla prova la solidità delle conclusioni.

Prima di proseguire, chiariamo bene un punto. Magnenus sostiene qualcosa del tipo: *so che l'odore si è diffuso in ognuna delle 800 milioni di porzioni in cui posso suddividere la stanza; e credo che in ognuna di quelle parti ci siano un miliardo di atomi*; quindi la sua congettura è perfettamente coerente dal punto di vista formale: il senso è impeccabile.

Ma non è un fatto acquisito; vale per l'appunto come congettura, che può eventualmente guidare altri studi e ricerche.⁴

⁴Lo stesso può essere predicato della congettura di Archimede sulla distanza delle 'stelle fisse', in quanto all'epoca di Magnenus non era stata ancora messa alla prova.

6.3 Considerazioni

Tirando le somme, sembra possibile concludere che Magnenus ragioni come segue. Possiamo suddividere il grano di incenso per mezzo del fuoco, come sostenuto nella proposizione 1), e suddividere ulteriormente ognuna di queste porzioni con l'aiuto dell'immaginazione, assistita da alcune considerazioni - come sostenuto nelle proposizioni 2) e 3). In entrambi i casi, a detta di Magnenus risultano circa un miliardo di parti.

A questo punto, il nostro autore può concludere che il granello contenga circa un miliardo di miliardi di parti - ovvero, il risultato della moltiplicazione delle due partizioni, descritto nella proposizione 4) della sezione 6.1. Mentre si può riconoscere che questa stima 1) è formalmente coerente; 2) non contraddice nessuno dei fatti all'epoca noti, ed addirittura, 3) che tale ipotesi sarebbe di per sé meritevole di essere soppesata e investigata, ci sembra altrettanto corretto concludere che l'argomentazione con cui Magnenus arriva alle sue conclusioni non possa essere considerata conclusiva.

Volendo essere critici fino in fondo, la congettura di Magnenus dovrebbe essere vista come un tentativo di indovinare il numero di atomi particolarmente azzecato alla luce di fatti posteriori, ma non fondato su argomenti empirici o formali del tutto convincenti. Se però ci interessa pervenire ad un giudizio più equilibrato, dovremmo tener presente quali erano le condizioni della scienza ai tempi di Magne-

nus, concedendogli che il suo è un tentativo cosciente di determinazione quantitativa: anzi, proprio il primo.

Ribadiamo infine che dal punto di vista della logica matematica, dovremmo poi riconoscere che la sua congettura è una ipotesi formalmente ben posta, e dal punto di vista della filosofia naturale, persino non del tutto immotivata. Le considerazioni di fondo sono queste due: 1) la presa d'atto che Archimede è riuscito a formulare un'affermazione su cose lontane ed ignote facendo leva su quelle note; 2) la ferma coscienza (testimoniata dall'inclusione di osservazioni naturalistiche di derivazione pliniana, ma lette in un'ottica democritea) che gli atomi debbano essere *davvero* piccoli.

È lecito insomma reputare il suo azzardo intellettuale come una tappa iniziale del cammino per riappropriarsi delle preziose idee filosofiche elaborate dagli atomisti - e in particolare da Democrito - ed anche di un modo di argomentare come quello matematico, che venne messo a punto dalla civiltà diretta erede degli antichi filosofi Greci, quella ellenistica. La strada da fare verso il completo recupero è ancora lunga, ma si percepisce la determinazione di provare ad intraprenderla.

Come abbiamo ricordato nell'introduzione, questo era il modo in cui Magnenus era considerato all'epoca da suoi immediati successori, impegnati anche loro in simili imprese intellettuali, come Charleton oppure Boyle: un rievocatore di preziosi concetti.

6.4 Un sommario provvisorio

Per concludere la disamina ed il capitolo, riassumiamo i punti principali sopra rilevati: Magnenus sembra convinto in piena coscienza che gli atomi debbano essere piccolissimi, come risalta dalla citazione di Plinio nel contesto della discussione.

Poi prova ad avanzare una congettura sulle loro dimensioni appoggiandosi ad uno dei pilastri del pensiero filosofico del Rinascimento, la corrispondenza tra macrocosmo e microcosmo, come approfondiremo nel prossimo capitolo. Egli spera di poter dare forma quantitativa alla sua congettura mimando in qualche modo la procedura di cui ha appreso da *L'Arenario* (forse mediante Clavio); se pure non riesce a produrre un argomento inattaccabile, arriva comunque ad una stima notevole e che fungerà da stimolo per i successivi sviluppi - come ricordato da Lancelot Law Whyte [40], vedi sezione 3.1.

Resta in effetti interamente valida la considerazione di filosofia naturale che guida Magnenus: così come le cosiddette “stelle fisse” sono a grande distanza ma non infinite,⁵ gli atomi sono piccolissimi ma non puntiformi, ed in un modo o nell'altro, ammettendo la correttezza dell'approccio atomistico, deve essere possibile misurarli. Insomma, siamo proprio all'inizio del cammino verso la misura delle dimensioni atomiche.

⁵Si vedano la sezione 5.1.1 e l'appendice B per maggiori dettagli.

Capitolo 7

Interpretazioni

In che modo Magnenus perviene una congettura quantitativa sul numero di atomi?

Nel capitolo precedente, ci siamo attenuti strettamente alla lettera, senza provare a vedere più a fondo di quanto dichiarato da Magnenus; così facendo abbiamo ricevuto l'impressione di una notevole audacia intellettuale, pur nei limiti della correttezza formale. In questo capitolo proviamo ad investigare se ci possa qualcosa di importante ma non completamente esplicitato dietro quella proposta. Procederemo con una certa cautela, senza celare le possibili difficoltà; ma la conclusione a cui perveniamo è di un qualche significato.

(Chi non fosse interessato alla disamina può far riferimento al sommario presentato nell'appendice [C](#)).

7.1 Il ruolo delle idee di Archimede

Facciamo riferimento al passo descritto proposizione 4) in sezione 6.1. Il fatto (sopra evidenziato) che i due fattori della moltiplicazione effettuata ($8 \cdot 10^8$ e 10^9) siano alquanto simili tra di loro, ed i vari richiami ai rapporti tra le cose (*proportiones*), possono far pensare al volume del grano di incenso come ad un termine intermedio tra le dimensioni macroscopiche della stanza e quelle microscopiche degli atomi, che ricalchi in senso stretto l'approccio che Archimede usa per il macrocosmo. È vero che non c'è alcun riferimento specifico ad Archimede in quella porzione di testo; ma considerando l'economia dell'intero capitolo, una tale lettura ha una qualche plausibilità.

Vale la pena di riportare un commento di Charleton, relativo alla congettura di Magnenus ma non presente nel testo del *Democritus reviviscens*, e che apparentemente suggerisce una chiave di lettura del genere [7]:

“E, poiché ciascuna di queste particelle sensibili è mista, è lecito e raccomandabile, secondo la sottile speculazione di *Archimede (in Arenar.)*, supporre che la più piccola di esse sia composta da un milione di atomi elementari.”¹

¹In inglese: “And, insomuch as each of these sensible Particles, is mixt, it being lawful and commendable according to the subtle speculation of *Archimedes (in Arenar.)* to assume that the smallest of them is composed of a Million of elemental atoms”.

Ancora a proposito di questo passaggio - che non è altro che la proposizione 3) della parafrasi presentata in sezione 6.1 - si noterà che Charleton ne ribadisce l'attribuzione ad Archimede anche nel finale del suo testo, subito dopo aver menzionato i vantaggi dello strumento che era da poco apparso, il microscopio - che viene da lui detto "engyscope".

Tuttavia, dal testo disponibile dell'*Arenario* non risulta alcuna discussione relativa agli atomi. In altre parole, mentre non possiamo escludere che Archimede aderisse all'atomismo, non abbiamo il minimo supporto per sostenere che egli abbia elaborato una specifica argomentazione sul microcosmo.

Pertanto ci sembra che l'ipotesi meno incredibile² sia quella di ritenere che l'argomento cosmologico, presente nel testo noto de *L'Arenario*, abbia fornito a Magnenus l'ispirazione a procedere in modo simile. Questa interpretazione si accorda bene col passo del *Democritus reviviscens* sopra esaminato che recita

Archimede [...] giustamente indica l'obiettivo,
che si debba assegnare una proporzione all'insieme
di tutti gli atomi

che è di natura generale e metodologica, e non implica che

²Speculare sull'esistenza di qualche testo perduto di Archimede non sarebbe forse del tutto assurdo - anzi è stato autorevolmente azzardato in passato, vedi p.e. [65] - ma le basi per una congettura del genere ci sembrano piuttosto esili, e prima di avanzare ipotesi speculative conviene considerare quelle più plausibili.

Archimede si sia sbilanciato per iscritto sugli atomi.

Per queste ragioni, interpretiamo il passo di Charleton come un ulteriore riferimento all'argomento ed al testo di Magnenus, che, come abbiamo visto dalla discussione del contesto, in effetti si ispira proprio ad Archimede. Insomma, che l'inglese attribuisca ad Archimede lo spunto decisivo per la formulazione della congettura ci suggerisce di provare a portare avanti l'interpretazione appena proposta.

Concludendo: mentre nel precedente capitolo ci siamo limitati a descrivere la congettura di Magnenus in modo letterale, vorremmo ora passare a capirne le motivazioni. Abbiamo appena ribadito che la congettura di Magnenus si ispira fortemente a quella di Archimede; ora esploreremo la possibilità che i punti di corrispondenza siano più profondi. Lo scopo è quello di capire fino a che punto fosse arrivato il recupero di un pensiero scientifico evoluto.

7.2 La proporzione nascosta

Proviamo allora a vedere dove si arriva adottando un formalismo più simile possibile a quello di Archimede. Considereremo per questo delle proporzioni matematiche, che riguardino i termini dell'argomentazione di Magnenus e che penseremo come oggetti geometrici estesi nello spazio (vedi tabella [6.1](#)).

Primo tentativo La proporzione più semplice e forse la prima che si pone all'immaginazione è la seguente:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{volume} & & \text{volume} & & \text{volume} & & \text{volume} \\ \text{atomo} & : & \text{grano} & = & \text{grano} & : & \text{della} \\ \text{elementare} & & \text{di incenso} & & \text{di incenso} & & \text{stanza} \end{array}$$

Apparentemente, questa ricalca da vicino l'argomento di Archimede descritto nella sezione 5.1. Inoltre, la proporzione appena postulata per i volumi si applicherebbe anche per le relative dimensioni lineari, opportunamente definite.

Prima di tirare le conseguenze del ragionamento, chiariamo un punto: mentre il lato di destra della proporzione viene quantificato esplicitamente, quello di sinistra non viene discusso da Magnenus, ed anzi, è legittimo chiedersi, perché parliamo di 'volume' dell'atomo, quando quello che ci interessa è il numero di atomi? Il fatto è che l'idea di Democrito sulla natura ultima della materia, quella dell'*arché*, considera atomi immutabili, non modificabili ed incompressibili; in termini più moderni, questo ci porta a supporre che gli atomi di un certo tipo abbiano volume, massa e densità prefissati. Dunque il volume del grano di incenso è proporzionale al numero di 'atomi' che esso contiene, e possiamo riferire il primo membro della proporzione sia al numero che al volume. O detto più esplicitamente, la stima del numero di atomi è data semplicemente dal rapporto tra il volume del grano e quello degli atomi.

Il problema, semplicemente, è che la precedente relazione non produce i valori annunciati da Magnenus. Per capirlo

meglio basta riscrivere la proporzione, ottenendo

$$\begin{array}{ccccccc} \text{volume} & & \text{volume} & & \text{volume} & & \text{volume} \\ \text{grano} & : & \text{atomo} & = & \text{della} & : & \text{grano} \\ \text{di incenso} & & \text{elementare} & & \text{stanza} & & \text{di incenso} \end{array}$$

Il primo membro (come sopra discusso) è una stima del numero di atomi, ed il secondo termine è noto, e dalle parole di Magnenus risulterebbe prossimo al miliardo, non al miliardo di miliardi.

Secondo tentativo È possibile immaginarsi una proporzione che conduca ad un accordo col numero esibito da Magnenus? Dal punto di vista formale sì, p.e., la seguente:

$$\begin{array}{ccccccc} \text{volume} & \cdot & \text{volume} & = & \text{volume} & \cdot & \text{volume} \\ \text{stanza} & & \text{grano} & & \text{grano} & & \text{parte} \\ & & & & \text{parte} & & \text{atomo} \end{array}$$

in quanto questa ci darebbe

$$\begin{array}{ccc} \text{volume} & : & \text{volume} \\ \text{grano} & : & \text{atomo} \end{array} = \left(\begin{array}{cc} \text{volume} & : & \text{volume} \\ \text{stanza} & : & \text{grano} \end{array} \right)^2$$

che differisce dal precedente risultato per l'elevazione al quadrato del membro noto di destra, e dunque ci fornisce il risultato desiderato: $(10^9)^2 = 10^{18}$.

Ma nella suddetta proporzione a tre termini, il rapporto tra il volume del grano e quello delle parti (che quantifica il numero di parti in un grano) ed il rapporto tra il volume di una parte e degli atomi (che quantifica il numero di atomi in una parte) risulterebbe valere 10^9 . Questa conclusione è in forte

contrasto con le affermazioni riassunte in sezione 6.1: p.e., le parti visibili (*sensibilis*) in cui possiamo dividere *il grano* sono 1000 - vedi la proposizione 2).

Terzo tentativo A ben vedere, c'è una semplice via d'uscita dalla precedente conclusione: dovremmo semplicemente immaginarci che il volume delle 'parti' non si riferisca tanto alle 1000 parti del grano, che potremmo ottenere con un pestello o con una lama, quanto piuttosto ai cosiddetti 'aliti di incenso', ognuno dei quali (secondo Magnenus) dovrebbe contenere circa un miliardesimo degli atomi del grano originario.³ Bisognerebbe cioè di postulare

$$\text{volume stanza} : \text{volume grano} = \text{volume grano} : \text{porzione} = \text{volume porzione} : \text{volume atomo}$$

dove con 'porzione' intendiamo il volume dell'incenso, contenuto in una delle ottocento milioni di parti nelle quali abbiamo suddiviso la stanza; ovvero, la quantità di incenso solido presente in un 'alito' - vedi ancora la tabella 6.1.

Le conclusioni sono le stesse esposte sopra: la stima che ne deriva è di 10^{18} atomi, e non ci sarebbero incoerenze col testo.

³Ricordiamo che in sezione 6.1 abbiamo indicato con 'alito' ogni singola porzione del gas, composto principalmente di aria ma contenente anche dell'incenso, che risulta dalla partizione di Magnenus della stanza. Esso è la traduzione letterale di *halitus*, che compare nel capitolo A.

Quarto tentativo Si potrebbe addirittura congetturare un formalismo meno pesante, ma in questo caso diventa necessario appellarsi ad un concetto, quello di massa (o quantità di sostanza) che andrebbe attribuita all'effetto additivo della massa dei singoli atomi.

Abbiamo esitato fino a qui a proporre questa possibilità, siccome si basa su un'idea di natura più algebrica che geometrica, ed non abbiamo particolari indicazioni dal testo in questo senso. Ma si può ben credere che Magnenus, come farmacologo, fosse abituato a pesare le sostanze: nel *Democritus reviviscens* si parla di **peso**, **densità** e **pesare** e ricorrono espressioni tipo **di 50 libbre**.⁴

Con simili concetti, la proporzione diventerebbe semplicemente la seguente

$$\text{massa del grano} : \text{massa della porzione} = \text{massa della porzione} : \text{massa dell'atomo}$$

dove in tutti e tre i casi si intende la massa del contenuto di incenso, e per porzione si intende quella contenuta nel singolo 'alito'. Entrambi i rapporti varrebbero circa un miliardo e avremmo

$$\text{numero atomi} = \frac{\text{massa grano}}{\text{massa atomo}} = \left(\frac{\text{massa grano}}{\text{massa porzione}} \right)^2$$

ovvero, $(10^9)^2$ atomi nel singolo grano di incenso, il risultato annunciato.

⁴In latino: **pondus**, **densitas**, **collibrare**, e **librarum 50**.

Discussione Come appena dimostrato, non è impossibile formalizzare la congettura di Magnenus.

Non vogliamo sostenere di aver fugato ogni dubbio e riconosciamo che si potrebbero avanzare riserve sulle posizioni descritte qua sopra. Ma consideriamo rasserenante constatare che non sussistono difficoltà formali insormontabili a delineare un parallelismo puntuale tra l'argomentazione di Magnenus e quella Archimede.

Evidenziamo infine alcuni aspetti emersi dalle precedenti esplorazioni:

- la prima considerazione riguarda il ruolo della stanza. Siccome il vero scopo della congettura di Magnenus è proporre una suddivisione del grano di incenso, la stanza serve solo a scopo strumentale, piuttosto che come termine necessario da includere nelle proporzioni.⁵
- Inoltre, abbiamo mostrato che un termine essenziale è quello che sopra abbiamo chiamato alito di incenso o porzione, che è la prima partizione del grano di incenso ottenuta per mezzo della fiamma nel turibolo.⁶

⁵Questa conclusione è coerente con l'esito del primo tentativo appena descritto e indica che le proporzioni con tre termini possano essere interpretate in modo più semplice, scorporando il ruolo della stanza.

⁶Si vedano in particolare gli ultimi due tentativi qui sopra, e si consultino ancora il testo di Magnenus e la tabella 6.1 per chiarire la differenza tra 'porzione' e 'parte' del grano di incenso.

- Infine, l'ipotesi dell'estensione finita e non modificabile degli atomi si riflette sul volume dell'incenso al netto dell'aria. Pertanto, seguendo la linea logica dell'argomento, ci si trova a ragionare sulla quantità di sostanza odorosa nel grano di incenso e nelle sue porzioni, ovvero, sull'estensione della loro forma solida - o volume, nel linguaggio moderno.

Capitolo 8

Una argomentazione alternativa nella logica dell'atomismo

Per inquadrare ancora meglio il significato della congettura di Magnenus, in questo capitolo proveremo a sviluppare gli spunti tratteggiati da vari chimici [46–49] (riassunti nella sezione 3.2), corroborando ed in un certo senso completando l'argomento di Magnenus. Anche in questo modo alternativo arriveremo ad una stima del numero degli atomi, senza dover presumere di conoscere *a priori* quali siano le dimensioni atomiche.

La versione del ragionamento che proponiamo si compone di due premesse, la prima delle quali (a parte le formule e

i dettagli) riflette i ragionamenti sopra esposti. La seconda parte rimpiazza l'argomento ispirato ad Archimede e procede oltre, ma senza particolari sofisticazioni, e, come vedremo, rimanendo nell'alveo di discussione naturale dell'atomismo greco (pur essendo espressa con alcune formule matematiche qui di seguito, per esigenze di brevità).

Come risulterà evidente dal confronto con la precedente discussione, i ragionamenti che esporremo vanno ben oltre quelli proposti da Magnenus. Ci sembra però che provare ad esplicitare del tutto il ragionamento sia di qualche interesse, non solo perché questo potrebbe forse offrire qualche spunto didattico, ma soprattutto per due altre ragioni:

- per mettere in chiaro quali e quanti sono gli elementi mancanti nell'argomento di Magnenus,
- per valutare a fondo quali siano le potenzialità dell'atomismo di matrice democritea.

8.1 Volumi della stanza e del grano

Il testo ci fornisce le dimensioni lineari della stanza in unità del grano di incenso. Perché questa misura abbia senso, supponiamo che il grano abbia forma approssimativamente sferica, e dunque un volume $v = \frac{4\pi}{3} r^3$. Scriveremo per il volume della stanza

$$V = 720 \times 900 \times 1200 \times (2r)^3 = 1,5 \times 10^9 \times v$$

Usando l'ipotesi atomica, e ipotizzando per semplicità che le parti in cui il grano si suddivide siano anch'esse sferiche e di raggio a , potremo esprimere il volume del grano come

$$v = \frac{1}{f} \times N \times \frac{4\pi}{3} a^3$$

dove N il numero delle parti. Il coefficiente

$$f = \eta \times \xi$$

descrive per mezzo di η l'esistenza di vuoto tra le particelle di sostanza odorosa e per mezzo di $\xi \leq 1$ e l'eventuale presenza di sostanza non odorosa - p.e., polvere di legno. Noi assumeremo

$$f = 0,74$$

corrispondente alla disposizione ottimale di sfere uguali e all'assenza di altre sostanze.

(Il risultato $f = 0,74$ nasce dal problema delle palle di cannone affrontato da Thomas Hariot, un atomista della fine del '500. Keplero era un suo corrispondente, e propose una congettura: che la massima frazione di volume occupata da sfere uguali sia quella della disposizione esagonale compatta o, equivalentemente, cubica a facce centrate, che vale $f = \pi/(3\sqrt{2}) \approx 0,74$. La dimostrazione formale è stata ottenuta solo nel 2014 da Thomas Hales. Per riferimenti e dettagli, rimandiamo alla pagina di Wikipedia [66].)

8.2 Volume sensibile

Un principio generale dell'atomismo di Democrito è che 'tutti i sensi si riducono al tatto'. Ne abbiamo testimonianza da Aristotele, nel passo [67] in cui scrive:

“Democrito e la maggior parte dei filosofi della natura che trattano della percezione sensoriale procedono in modo del tutto irrazionale, poiché rappresentano tutti gli oggetti del senso come oggetti del tatto. Tuttavia, se questo è davvero così, ne consegue chiaramente che ciascuno degli altri sensi è un modo del tatto. Ma si vede subito che questo è impossibile”

Consideriamo un modello molto semplice del volume sensibile del naso, conforme a questo principio. Supponiamo che la superficie sensibile sia un'area A_{sens} , e che dunque si possa percepire un volume pari a quello di un parallelepipedo di area A_{sens} e di altezza pari a $2a$, uguale al diametro di quegli 'atomi', o meglio di aggregati di atomi che causano la sensazione odorosa, vedi illustrazione in Fig. 8.1:

$$V_{\text{sens}} = 2a \times A_{\text{sens}}$$

Ripetiamo che preferiamo per adesso parlare di 'particelle odorose', e le continuiamo a pensare come sferiche per semplicità di discussione.

Assumendo che tali particelle odorose siano distribuite uniformemente nella stanza, abbiamo la seguente proporzio-

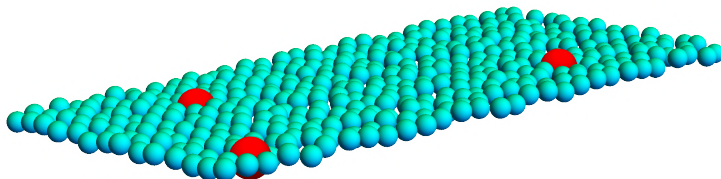


Figura 8.1: *Rappresentazione schematica di uno strato di molecole di aria (in celeste) e di particelle di sostanza odorosa (in rosso) a contatto con la superficie sensibile del naso. Il volume sensibile alle sostanze odorose è dato dal prodotto della superficie e del diametro delle particelle odorose.*

ne,

$$V_{\text{sens}} : V = N_{\text{sens}} : N$$

dove abbiamo indicato con N_{sens} il numero di particelle che cade nel volume sensibile. Perché l'odore possa essere percepito, dovrà valere la condizione

$$N_{\text{sens}} \geq 1$$

o, in parole semplici, almeno una particella odorosa deve essere finita sulla superficie sensibile del naso, perché il sistema olfattivo si possa accorgere del fumo d'incenso.

8.3 Inferenza sulle dimensioni

Dai risultati delle due precedenti sezioni seguono due equazioni per il numero di parti elementari:

$$N = \frac{3f}{4\pi a^3} v \quad \text{e} \quad N = \frac{N_{\text{sens}}}{2aA_{\text{sens}}} V$$

Confrontandole, troviamo che le dimensioni lineari delle particelle odorose nel fumo d'incenso sono date da

$$a = \sqrt{\frac{3f}{2\pi} \times \frac{v}{V} \times \frac{A_{\text{sens}}}{N_{\text{sens}}}}$$

Utilizzando i valori sopra discussi di v/V ed f con l'ipotesi che $A_{\text{sens}} \approx 10 \text{ cm}^2$, concludiamo che

$$a = \frac{0,5 \mu\text{m}}{\sqrt{N_{\text{sens}}}}$$

dove naturalmente

$$1 \mu\text{m} = 1 \text{ micrometro} = 10^{-6} \text{ m}$$

Troviamo dunque che il valore massimo è una frazione di micron.

Nel caso che N_{sens} non sia troppo lontano dall'unità, si tratta delle tipiche dimensioni di una particella di particolato ultra-fine, di grandezza simile a quelle delle particelle di fu-



Figura 8.2: Foto di alcuni grani di incenso di produzione moderna. Anche se le dimensioni sono variabili e la forma non è regolare, si può certo ragionare di un grano di dimensioni medie.

mo che provengono dalla combustione dell'incenso,¹ come risulta da moderne determinazioni quantitative [69].

¹Notiamo *en passant* che gli studi analitici mostrano la presenza nei fumi dell'incenso sia di particolato che di molecole di benzene [68], dannosi per la salute proprio come il fumo delle sigarette.

8.4 Inferenza sul numero di particelle

Per stimare il numero di particelle occorre conoscere le dimensioni assolute del grano di incenso (o della stanza) che non possono essere desunte con precisione dal testo di Magnenus. In effetti, egli parla di un pisello (*pisum*), di 6-11 mm, ma anche di un cece (*cicerem*), che invece è grande circa 20-25 mm. Assumeremo che il diametro del grano valga $2r = 10$ mm, che implica una stanza di dimensioni sono $7,2 \times 9 \times 12 \text{ m}^3$, grande ma non enorme, che sembra plausibile (anche se, per le ragioni spiegate, le sue vere dimensioni sono incerte).

Dalla formula per il volume v del grano di incenso abbiamo

$$N = f \frac{r^3}{a^3} = 6 \times 10^{12} \times N_{\text{sens}}^{3/2}$$

che differisce dalla stima finale di Magnenus, accettando la plausibile ipotesi che N_{sens} non sia molto diverso dall'unità; se p.e. $N_{\text{sens}} = 100$ abbiamo un numero 100 volte inferiore.

Ma giunti a questo punto, dovrebbe essere evidente che la stima a cui siamo arrivati non si riferisce precisamente a quello che chiamiamo 'atomi' o 'molecole', dove sto usando i termini in senso moderno: si riferisce alle parti in cui si divide il granello dopo la combustione, che nel linguaggio moderno viene detto 'particolato'.²

²È interessante notare che la stima che si ottiene ponendo $N_{\text{sens}} = 1$

D'altro canto, è del tutto evidente ad un lettore moderno che ogni singolo elemento che compone questo particolato contenga un gran numero di 'molecole'; di nuovo, stiamo usando questo termine nel senso corrente.

Sottolineiamo ancora una volta che l'argomento qui descritto non presume una conoscenza *a priori* delle dimensioni delle parti in cui il grano di incenso si suddivide per opera del fuoco, e ribadiamo per assoluta chiarezza che questo argomento non è in alcun modo quello proposto da Magnenus, ma una sua estensione - per quanto naturale essa possa sembrare ad un lettore moderno, abituato all'atomismo ed educato al pensiero scientifico.

è molto vicina a quella che si ottiene dalla procedura di Magnenus, supponendo che l' 'alito' di incenso contenga circa 1000 elementi di particolato, invece che 10^9 come da egli supposto.

Capitolo 9

Discussione e commenti

Per concludere, riassumiamo nei termini generali la congettura di Magnenus (sezione 9.1); poi evidenziamo gli aspetti epistemologici di questa discussione, confrontando la sua argomentazione e quella di Archimede (sezione 9.2); precisiamo il senso di una procedura alternativa di argomentazione, più vicina al pensiero moderno (sezione 9.3); infine, concludiamo azzardando certe valutazioni complessive (sezione 9.4).

9.1 La congettura di Magnenus

In questo quaderno abbiamo esaminato in dettaglio l'argomento di Magnenus sul numero degli atomi, mettendo-

ne in chiaro le sorgenti dell'ispirazione ma anche i punti di debolezza.

Possiamo definirla come una congettura coerente dal punto di vista formale e che oggi possiamo riconoscere per ben azzeccata, se pure non la possiamo considerare come una determinazione quantitativa di carattere definitivo. Essa appare all'inizio della fase di transizione tra l'atomismo filosofico/speculativo e quello scientifico; per capirci, ci troviamo tra Sennert e Gassendi (che oggi consideriamo filosofi veri e propri) da una parte, e Boyle e van Leeuwenhoek dall'altra (che invece pensiamo come proto-scienziati). Anche se il contributo complessivo dato da Magnenus lo pone più vicino ai primi che ai secondi¹ non ci sembra opportuno minimizzare l'importanza del primo tentativo cosciente di determinazione quantitativa, rappresentato dalla congettura che abbiamo esaminato, per la discussione che si stava iniziando a sviluppare.

Per dare una più ampia prospettiva alla discussione, annotiamo che alcuni obiettivi dell'operazione culturale di Magnenus, che oggi ci potrebbero sembrare obbligati o almeno doverosi, come la difesa dell'atomismo o dell'eliocentrismo, non erano affatto posizioni scontate all'epoca; e ribadiamo un'ultima volta che autorevoli membri della Royal Society, all'epoca, apprezzavano il valore del *Democritus reviviscens* e anche della specifica congettura, e queste opinioni sem-

¹O addirittura lo vede su posizioni piuttosto arretrate per quello che riguarda l'aspetto empirico della ricerca, come suggerito dai più recenti contributi alla discussione apportati dai filosofi della scienza, p.e. [22].

brano significative quando si intende leggere la storia delle idee nel suo farsi.

9.2 Considerazioni epistemologiche

Tanto Archimede quanto Magnenus si trovano ad avanzare delle ipotesi su circostanze del tutto ignote: nel primo caso, si tratta di una riflessione su quello che oggi chiameremmo rozzamente ‘l’infinitamente grande’; nel secondo caso, su quello che chiameremmo ‘l’infinitamente piccolo’. In effetti, tali erano, all’epoca di questi pensatori, le distanze delle stelle e le dimensioni degli atomi.

Il modo in cui Archimede procede per porre l’ipotesi è, per così dire, telescopico: suggerisce che le stelle sono percepite come ‘fisse’, anche se durante l’anno la terra si muove, perché sono lontanissime, e fonda la sua speculazione su due termini noti: le dimensioni della terra e quelle dell’orbita terrestre.² La cosa da sottolineare è che, in questo ragionamento, si procede tenendo conto sia della base osservativa che di quella teorica: intendiamo semplicemente che il problema che Archimede si pone nasce all’interno di un modello astronomico. Per dirlo ancora più esplicitamente,

²Come ricordato nella sezione 5.1.1, ne *L’Arenario* Archimede definisce certe condizioni per cui l’effetto sia abbastanza piccolo da non essere stato ancora osservato. Si ricordi che questa previsione non era stata ancora verificata all’epoca di Magnenus. Per una ulteriore discussione rimandiamo all’appendice B.

potremmo dire che egli si sente in obbligo morale di rispondere alla domanda: *‘perché non vediamo il moto delle stelle durante l’anno, anche se - a causa del modello assunto - ci siamo convinti che ci dovrebbe essere?’*.

La situazione di Magnenus in questo senso è proprio la stessa. Egli si muove nel sistema di pensiero dell’atomismo: una teoria filosofica con varie ramificazioni (metafisica, fisica, matematica, ecc.) ma che, nello specifico, funge da modello mentale per concettualizzare la struttura fondamentale della materia. Anche gli esiti sono in perfetto parallelismo con quelli di Archimede: potremmo persino affermare che egli pone l’ipotesi in modo microscopico - dove ci riferiamo intenzionalmente allo strumento detto microscopio³, contrastandolo col telescopio evocato appena sopra.

In un certo senso, l’impresa tentata da Magnenus è ancora più impegnativa di quella di Archimede, siccome non può far troppo leva sulla implicazione della teoria *che gli atomi esistono davvero, anche se non si vedono*. In effetti, gli oggetti più piccoli di 1/50 - 1/25 di millimetro (0,02-0,04 mm=20-40 μ m) sono a tutti gli effetti invisibili [70]⁴, mentre la stima di Magnenus indica atomi molto più piccoli (come in effetti sono).⁵ In altre parole, la base empirica da cui si muove è

³È vero che esso verrà inventato qualche decennio dopo il *Democritus reviviscens*, ma si ricordi che le lenti di ingrandimento erano note già da molto tempo. Vedi anche il commento di Charleton nella sezione 7.1.

⁴Il diametro di un capello va da 0,06-0,1 mm=60-100 μ m.

⁵Magnenus sostiene che si possa dividere il grano di incenso in “1000 parti percettibili”, che corrisponde a circa mezzo di millimetro in di-

molto esile.

Tutto sommato, ci sembra corretto concludere che le motivazioni profonde di Magnenus siano di origine naturalistica: è poco credibile che le mirabili caratteristiche di un essere come una zanzara possano essere spiegate, se gli atomi che la costituiscono non sono abbastanza piccoli (vedi sezione 5.2.4). In altre parole, bisogna riconoscere l'ottimo uso che egli fa delle osservazioni di Plinio, elaborandole nel contesto di un pensiero di matrice democritea.

Un riassunto della discussione in forma grafica, ad uso di esposizione didattica, è presentato in appendice C.

9.3 Val la pena di ragionare di fumo?

Come abbiamo osservato sin dal primo capitolo, la stima di Magnenus del numero di 'atomi' sembrerebbe in sostanziale accordo col numero di 'molecole' contenute nel grano di incenso (vedi nota a pie' di pagina numero 1 del capitolo 1). Però, una stima apparentemente più accurata del numero di parti percettibili, che abbiamo descritto nel capitolo 8, indica che i numeri di parti materiali sono più piccoli: *si tro-*

mensioni lineare; quindi la sua stima è conservativa, ma non davvero in contraddizione con l'affermazione riportata qua sopra. Si noti che la stima dei più piccoli granelli di sabbia considerati da Archimede, riportata in [58], è appena sotto il limite di visibilità citato nel testo.

vano risultati diversi, e non necessariamente in accordo con i precedenti (come abbiamo notato nella sezione 8).

La ragione a cui possiamo attribuire questa circostanza è semplice e curiosa: la fiamma sotto il turibolo non riesce a decomporre perfettamente l'incenso nelle sue parti elementari - o come diremmo oggi, in 'molecole' - ma spesso non fa altro che distaccarle a gruppi, insomma, unità molto più grandi dette 'particolato' che compongono il fumo d'incenso. La massa totale, naturalmente, è sempre la stessa.

Si noterà inoltre che la discussione del capitolo 8 ci ha permesso anche di illustrare varie importanti considerazioni:

- da un lato, l'atomismo democriteo, pur di natura speculativa, consente ulteriori sviluppi;
- le stime a cui si perviene non sono in grave disaccordo con le determinazioni analitiche della chimica moderna;
- il valore congetturato da Magnenus non dovrebbe essere confrontato solo col numero di molecole, ma, ci sembra, anche col numero di particelle costituenti il fumo di incenso - vedi anche l'appendice D.

Queste osservazioni ci offrono l'occasione di concludere notando quanto possa stimolante ragionare sulla descrizione di certe osservazioni naturalistiche, che a prima vista potrebbero sembrare poco interessanti se non addirittura banali.

Come dire: perché non cercare di recuperare un po' lo spirito di chi faceva filosofia naturale?

9.4 Valutazioni conclusive

A questo punto, possiamo tornare al dibattito riassunto nel capitolo 3, ovvero alle diverse posizioni di vari pensatori su Magnenus e sulla sua congettura. Gli argomenti e le valutazioni che abbiamo raccolto indicherebbero che il contrasto tra le varie posizioni sia più apparente che reale, a patto che si convenga su una considerazione di fondo: che il cammino per pervenire ad una qualche conoscenza degli atomi è assai lungo, impegnativo e costellato di difficoltà. Per capirci, a rischio di proclamare un'ovvietà, ribadiamo che stiamo parlando di cose tanto importanti per la scienza, ma anche tanto piccole da sfuggire all'esplorazione diretta dei sensi. Magnenus ha qualche merito nell'essersi arrischiato per primo nel compito di una determinazione quantitativa delle dimensioni atomiche, pur senza esser riuscito a produrre un risultato completamente convincente.

Naturalmente, se invece ci poniamo dal punto di vista corrente, quello di una scienza ormai compiuta, non è difficile accorgersi dei limiti di Magnenus: sia quelli additati in [43], di natura generale, che quelli, evidenziati nel capitolo 6, di natura più specifica.

Ma, in questo caso, dovremmo ammettere che quello che

quello che mancava ai tempi di Magnenus non erano solo le indagini empiriche *in quanto tali* ma anche un certo tipo di esperienze pianificate e/o ragionate, che nascono a seguito dell'enunciazione di una ipotesi di lavoro, ovvero attività che presuppongono da parte dell'investigatore un solido impianto filosofico e formale. Forse, usando il linguaggio della scienza moderna, potremmo anche parlare di "impianti teorici" ancora troppo deboli; o forse sarebbe chiedere troppo.

Proviamo allora a riformulare questa importante considerazione. Quando poniamo mente alle discipline ipotetico-deduttive, il cui modello originario è la matematica ellenistica, è dura non mostrare apprezzamento verso i primi tentativi di recuperare certi strumenti concettuali, che sono utili se non addirittura necessari per pervenire a scopi del genere. Per questo, crediamo che l'effetto ispiratore degli scritti di Archimede meriti di essere posto in risalto.

Per ragioni simili, non ci sembra condivisibile l'atteggiamento di ignorare gli argomenti di Magnenus imputando ad essi un carattere eclettico, indefinibile dal punto di vista disciplinare. È universalmente riconosciuto che i successivi progressi dell'atomismo trarranno profitto non tanto dalla pura filosofia, quanto piuttosto dalle indagini dei chimici e dallo sviluppo di nuovi strumenti, come il microscopio, il barometro, la vetreria di laboratorio, ecc.⁶ Da questo punto di

⁶E anche (mi si perdoni l'insistenza) dalla matematica; basterebbe ricordare i contributi alla teoria dei gas di D Bernoulli, JC Maxwell, L Boltzmann.

vista non dovrebbe sorprendere troppo che alcuni germogli di progresso possano essere venuti dall'ambito della medicina, della farmacologia e dello studio naturalistico, uniti ad una rinnovata disponibilità e dedizione nei confronti della matematica e dell'astronomia. Una valutazione equilibrata del significato di un passo del genere non può essere fatta limitandosi esclusivamente agli aspetti filosofici o - che so - a quelli fisico-matematici, ma richiede giocoforza una convinta apertura interdisciplinare.

Per illustrare meglio questa considerazione, se uno studente dei giorni nostri, che fosse appena stato esposto alle nozioni di base della teoria atomica, se ne venisse fuori con una domanda su quanti atomi di incenso servono per occupare un'intera chiesa (o magari ci chiedesse da quanti atomi sia formato un pidocchio), non sarebbe opportuno stigmatizzare il suo tentativo, deridendolo perché non ascoltava la messa (o umiliandolo con una domanda sulla sua igiene), imputandogli la confusione tra atomi e molecole, o intimandogli di parlarne prima con il collega di filosofia che con noi che insegniamo scienze - o viceversa.

Dovremmo invece essere capaci di rallegrarci di tanta intraprendenza ed approfittarne per procedere insieme nel cammino della conoscenza.

Concludendo sulla stessa falsariga, ci piace ricordare una bella esperienza didattica avvenuta nell'ambito del *Certamen Lucretianum* [71] del 2017, nella quale il professor Ven-

ti ha in questo spirito proposto ad una sua classe proprio la lettura e la traduzione del *Democritus reviviscens* [72, 73].

APPENDICI

Appendice A

Il testo in latino

A.1 **Propositio XXIII. *De atomorum parvitate aliquid conjectura assequi***

Certum est *primo*, nullam atomum cadere posse sub sensum, unde nec tangi una singulariter potest, quamvis plurimæ simul positæ sint *sensibiles*; quapropter nulla est atomus, quæ habeat extensionem, quæ sit æqualis ulli, quæ sensu percipitur.

Certum est *secundo*, atomis suam inesse figuram, ac proinde extensionem, quam appello Mathematicam: *primo*, quod non sit divisibilis *physice*, sed tantum per designationem: *secun-*

do, quia illam imaginari solum, & lineis imaginariis, id est, Mathematicis, dimetiri possumus, *non vero physicis*.

Certum est *tertio*, quantumvis statuatur parvæ atomi, earum tamen numerum iniri posse, & finitas esse finitate determinata, ad mundi totius universitatem constituendam.

Archimedes *in libro* de arenæ numero, reprehendit Samium Aristarchum illius quam Copernicus innovavit astrologiæ principem, *quod orbitæ terrestris nullam esse proportionem cum firmamento dixerit*, sive circulum quem terra in Pythagoræorum systemate percurrit, esse istar puncti ad stelliferum. Loquebatur autem Aristarchus *de proportione sensibili*, sicuti eo in sensu apud Astrologos certum est, terram esse instar puncti ad firmamentum.

Archimedes vero demonstrat, dari proportionem etiam inter granum papaveris, & totum mundum, cujus rationis securus, hanc *audacem* fecit propositionem ille ingeniorum Phœnix, *Datum pondus data potentia movere*, recteque demonstravit propositum, imo inter unicam atomum, totamque rerum universitatem, dari proportionem necesse est, licet enim conjicere, quot sint in universo atomi. Nunc autem videamus quantæ sint parvitatibus.

Plinius l. 11. C. 1. & 2. *nusquam alibi*, ait, *nature rerum artificium spectabilius est*, quam in insectis:

In magnis siquidem corporibus, aut certe majoribus, facilis officina fequaci materia fuit. In his vero tam parvis, atque tam nullis, que ratio, aut quanta vis, tamque inextricabilis perfectio!

Ubi tot sensus collocavit in culice? & sunt alia dictu minora. Sed ubi visum in ea prætendit? Ubi gustatum applicavit? Ubi odoratum inservit? Ubi truculentam illam, & portione maximam vocem ingenerarit? Qua subtilitate pennas adnexit, prælongavit pedum crura, disposuit jejunam caveam uti alvum, avidam sanguinis, & potissimū humani sitim accendit?

Telum vero perfodiendo tergori quo spiculavit ingenio? Atque cum exilitate pene non videatur, ita reciproca generavit arte, ut fodiendo acuminatum pariter sorbendoque fistulosum esset!

Aspice unicum culicis caput, tot sensuum officinam, ubi oculos humoribus, tunicis, nervisque distinctos, spiritibus animalibus plenos *miraberis*: quanta autem tenuitas est horum? In pede sunt membranæ, ossa, medulla, nervi, tendines, muscoli, vasa deferentia animalculo nutriendo humorem, multiplexque partium compages. At cum spiritus unicus, vel vitalis, vel animalis, unius cironis multis atomorum millibus coftet, paucæ enim non possunt facere mixtionem, neque præparare formæ

alicui, præsertim viventi, domicilium, quot in ipso animalculo atomos elle conjicies?

Adverti non semel granum thuris combustum fumo ita dispergi, ut locum repleverit septingentis, & amplius millionibus se majorem. Ille enim locus grana hujuscemodi facile cepisset

Secundum altitudinem 720

Secundum latitudinẽ 900

In longitudine 1200

In superficie 648000

In area 777600000.

Cum ergo nulla aeris sensibilis portio esset, quæ odoros non haberet halitus granumque thuris æquaret cicerem, qui sine igne in partes sensibilis saltem mille dividi posset, sequitur particulas odoras sensibilis fuisse istius num.
777600000000.

Atqui *singulæ* illæ particulæ mixtæ erant, nullamque fuisse *probabile* est, cui unus ad minimum elementalium atomorum

millio inisset, unde, secundum hanc regulam, fuissent in hoc thuris grano, pisi magnitudinem non superante, atomi elementales ad minimum
777600000000000000.

Ex quibus patet, quantæ sit parvitas atomus una, concjicique potest, quantus sit atomorum numerus in toto universo. Clavius in cap.1 sphæræ, computat quod arænæ grana possent implere orbem ex suppositione, quod 10000 æquarent unum milii granum; invenitque totum illum numerum comprehendi unitate, & chiffris quinquaginta. Sed multo plures atomos dari convincunt superius adducta animalculorum exempla. At in his nihil aliud quam conjicere possumus: quis enim novit an atomi igneæ majores, minoresve sint aqueis, & terreis? quis dignoscit aërearum parvitatem, cælorum profunditates omnes, & extimam illam Beatorum fedem?

Furor est mensuram orbis animo agitare atque prodere ausos! quasi vero mensurom ullius rei possit agere, qui sui nesciat.

Plinius, NATURALIS HISTORIA Liber 2.

Appendice B

Ulteriori osservazioni sulla congettura di Archimede

Per prima cosa, nella figura in coda a questa appendice, tratta da

<https://scienzapertutti.infn.it/chiedi-allesperto/tutte-le-risposte/3123-0475-distanze-stellari>

illustriamo graficamente l'effetto di parallasse: nel corso dell'anno le stelle vicine sembrano muoversi sullo sfondo di quelle lontane.¹

¹Un effetto simile riguarda i pianeti analogo al 'moto retrogrado apparente' dei pianeti, che era osservato sin dall'antichità (in particolare nel caso di Marte); infatti la parola pianeta deriva dal verbo greco *πλανάομαι*, che significa *andare di qua e di là, procedere errando*. La questione se esso fosse stato capito da Aristarco si scontra con la lacu-

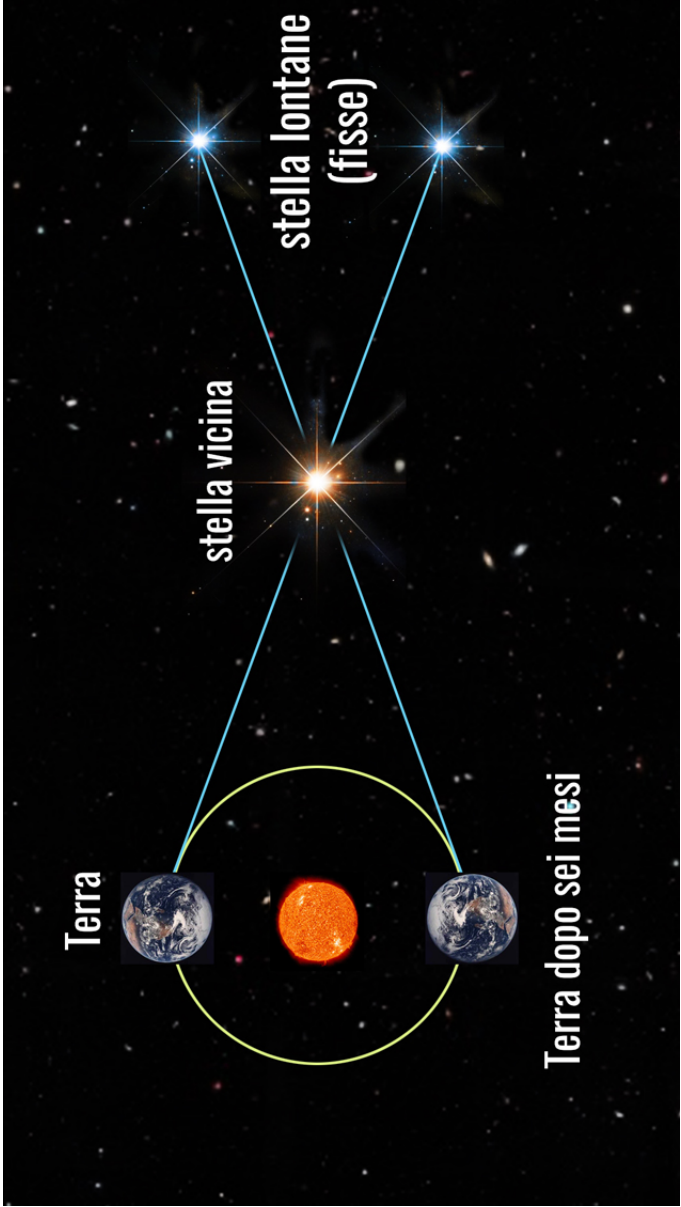
La congettura di Archimede, ricordata nella sezione 5.1.1, non solo risolve ogni dubbio congetturando che *tutte* le stelle siano molto lontane, ma anche sotto l'aspetto quantitativo, va molto vicina a colpire nel segno. Infatti, il valore della distanza delle stelle fisse che ne deriva, ovvero

$$\frac{\text{au}^2}{R_{\oplus}}$$

dipende dal raggio della terra R_{\oplus} (noto dai tempi di Eratostene) e dalle dimensioni dell'orbita terrestre (nota seppure molto rozzamente anche ai tempi di Archimede) qua sopra indicate con l'unità astronomica "au". Con i valori moderni troviamo $\text{au}^2/R_{\oplus} = 0,4$ anni luce, e ricordiamo che oggi sappiamo che la stella più vicina è Proxima Centauri, a 4 anni luce da noi. Insomma, entro un fattore dieci, l'indicazione data da questa stima è corretta.

E ci sembra ancora più importante sottolineare che, all'epoca di Magnenus, questa posizione non era altro che una congettura e tale sarebbe restata ancora per un paio di secoli. Ricordiamo infatti che la prima misura del movimento apparente causato dalla distanza finita delle stelle, dovuta al matematico ed astronomo Friedrich Bessel, risale al 1838; essa riguardava la stella 61 Cygni, a 10 anni luce di distanza e con uno spostamento angolare ("parallasse") di 0,314 arcsec - vedi p.e. [74].

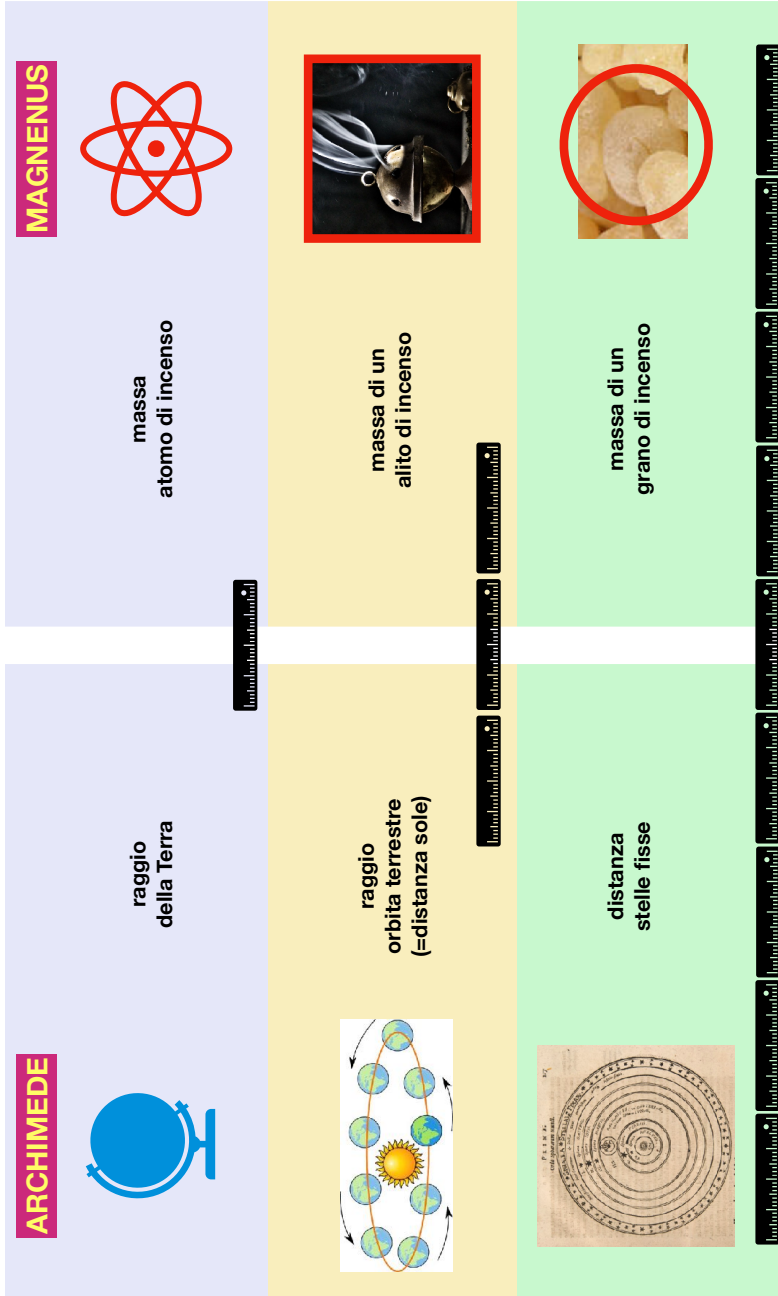
nosità delle testimonianze disponibili; si veda il capitolo 8.4 di [11] per alcune interessantissime annotazioni a proposito.



Appendice C

Infografica di sommario

Nella prossima pagina, presentiamo una infografica pensata per una presentazione didattica, che riassume le congetture di Archimede e di Magnenus, confrontandole tra di loro. Ricordiamo che nel primo caso l'incognita è **la distanza più grande**, quella delle stelle fisse: Archimede la inferisce a partire da due distanze note, il raggio della terra e la distanza terra-sole. Nel secondo caso, invece, l'incognita è la **dimensione dell'oggetto più piccolo**, quella degli 'atomi': Magnenus la desume a partire dalle due note, la massa del grano d'incenso e quella di ognuna delle porzioni o aliti, che sono un miliardo di volte più piccoli. Si osservi che per efficacia espositiva abbiamo usato nell'infografica il concetto di "*massa*" di incenso; si veda il capitolo [7](#) per una terminologia più aderente al testo originale.



Appendice D

La stima di Magnenus a confronto

Riportiamo la stima del numero di ‘atomi’ contenuti nel grano di incenso esibita da Magnenus assieme ai valori approssimati delle determinazioni discusse nel testo:

valore	descrizione della procedura
10^{21}	conteggio del numero di molecole
10^{18}	proporzione postulata da Magnenus
10^{16}	particelle odorose stimate assumendo $N_{\text{sens}} = 100$

dove la prima determinazione è basata sulla nota a pie’ di pagina numero [1](#) del capitolo [1](#) e l’ultima è quella descritta nella sezione [8.4](#). Come vediamo dalla tabella, il valore congetturato da Magnenus si situa giusto in mezzo alle due determinazioni moderne.

Bibliografia

- [1] Chrysostomi Magneni, *Democritus reviviscens, sive, DE ATOMIS*. Apud Andream Magrium, Papiæ (Pavia), 1646
- [2] Edzard Ernst, *Frankincense: systematic review*, British Medical Journal **337**, a2813, 2008
- [3] Klaus Ruedenberg e W. H. Eugen Schwarz, *Three Millennia of Atoms and Molecules*, primo capitolo del libro PIONEERS OF QUANTUM CHEMISTRY, 2013
- [4] Paolo Mazzarello e Giorgio Mellerio, *Jean-Christostome Magnen*, in ALMUM STUDIUM PAPIENSE. STORIA DELL'UNIVERSITÀ DI PAVIA, **1/II**, a cura di Dario Mantovani, Cisalpino-Monduzzi, Milano, 2013
- [5] Scheda su Magnenus su THE GALILEO PROJECT compilata da Richard S. Westfall, <http://Galileo.rice.edu/Catalog/NewFiles/Magnenus.html>
- [6] Petri Gassendi, *Animadversiones in Decimum Libr-*

vm Diogenis Laërtii, qui est De Vita, Moribus, Placitisque Epicuri. Apud Gvillelmvm Barbier, Lugduni (Lione),1649

- [7] Walter Charleton, *PHYSIOLOGIA Epicuro-Gassendo-Charltoniana: or a fabrick of science natural, upon the hypothesis ATOMS - Founded by Epicurus, repaired by Petrus Gassendus, augmented by Walter Charleton,* Printed by Tho. Newcomb, London, 1654
- [8] Richard S. Westfall, *Unpublished Boyle papers relating to scientific method. – II,* Annals of Science **12**, 103, 1956
- [9] Robert Boyle, *The origine of formes and qualities, (according to the corpuscular philosophy,) illustrated by considerations and experiments, (Written formerly by way of notes upon an essay about nitre),* Oxford, Printed by H. Hall, for Ric; Davis, 1666.
- [10] Salvatore Ricciardo, *Medicina, chimica, teologia Robert Boyle e le origini della filosofia sperimentale,* tesi di dottorato di presso l'università di Bergamo, anno 2009/2010, https://aisberg.unibg.it/retrieve/handle/10446/917/1355/tesidottorato_salvatore_ricciardo.pdf
- [11] Lucio Russo, *La rivoluzione dimenticata. Il pensiero scientifico greco e la scienza moderna.* Feltrinelli, 2021
- [12] Bertrand Russell, *A history of western philosophy: And Its Connection with Political and Social Circumstances*

- from the Earliest Times to the Present Day*, Simon and Schuster, New York, 1945
- [13] Federigo Enriques e Manlio Mazziotti, *Le dottrine di Democrito d'Abdera - Testi e commenti*, Zanichelli, Bologna, 1948
- [14] Andreas G.M. van Melsen, *Da atomos a atomo: storia del concetto di atomo*, (tradotto dall'olandese del 1949), Società editrice internazionale, Torino, 1957
- [15] Diogene Laerzio, *Vite degli eminenti filosofi*, Libro IX, capitolo 5 su Democrito, primi decenni del terzo secolo
- [16] Rita Copeland, *Behind the 'Lives of Philosophers:' Reading Diogenes Laertius in the Western Middle Ages*. *Interfaces: A Journal of Medieval European Literatures* **3**, 245, 2018
- [17] Marco Beretta, *Gli scienziati e l'edizione del De Rerum Natura*, pag. 177 in LUCREZIO, LA NATURA E LA SCIENZA, Marco Beretta e Francesco Citti (editori), Olschki, Firenze, 2008
- [18] Michel Serres, *Lucrezio e l'origine della fisica*, Sellerio, Palermo, 1980
- [19] Stephen Greenblatt, *Il manoscritto: come la riscoperta di un libro perduto cambiò la storia della cultura europea*, in I SESTANTI, traduzione di Roberta Zuppet, Rizzoli, Milano, 2012

- [20] *Geometria e atomismo nella scuola galileiana*, Massimo Bucciantini e Maurizio Torrini (editori), Olschki, Firenze, 1992
- [21] Paolo Cherchi, *Quantulacumque lucretiana: Nuove piste di ricerca sulla fortuna di Lucrezio nel tardo Rinascimento*, Philosophical Readings **XIII.1**, 124, 2021; Amazon Digital Services LLC - Kdp, 2022
- [22] Antonio Clericuzio, *Elements, Principles and Corpuscles. A Study of Atomism and Chemistry in the Seventeenth Century*, Kluwer Academic Publisher, 2000. Parte di: INTERNATIONAL ARCHIVES OF THE HISTORY OF IDEAS
- [23] Wesley Dale Smith, *The hippocratic tradition*, Cornell University Press, London/New York/Ithaca, 1979, edizione revisionata del 2002. <https://www.biusante.parisdescartes.fr/ressources/pdf/medicina-hippo2.pdf>
- [24] Christoph Lüthy, *The Fourfold Democritus on the Stage of Early Modern Science*, Isis **91** 443, 2000
- [25] Targa in memoria del monaco Vitale Terrarossa (1623-1692), <http://www.chieracostui.com/costui/docs/search/schedaoltre.asp?ID=14389>
- [26] Isaac Newton, *Principia*, 1726 (edizione definitiva). L'estratto delle *Regulae Philosophandi* è reperibile su: <https://www.thelatinlibrary.com/Newton.regulae.html>

- [27] Marshall Clagett, *Archimedes*, DICTIONARY OF SCIENTIFIC BIOGRAPHY I, 228-229, 1970
- [28] Per un breve ed utile estratto, si veda <https://www.historyofinformation.com/detail.php?id=2864>
- [29] Ryan J. Johnson, *The Problem: The Theory of Ideas in Ancient Atomism and Gilles Deleuze*, Doctoral dissertation, Duquesne University, 2013, su <https://dsc.duq.edu/etd/706>
- [30] Recensione di Nuccio Ordine dal titolo *Michel Serres, Lucrezio e l'origine della fisica*, su BELFAGOR 37, 238-242, 1982
- [31] Recensione di Christine Wertheim dal titolo *A Science of Exceptions: On Michel Serres's "The Birth of Physics"*, su THE LOS ANGELES REVIEW OF BOOKS, 2018, su <https://lareviewofbooks.org/article/a-science-of-exceptions-on-michel-serress-the-birth-of-physics/>,
- [32] Lucio Russo, *Archimede. Un grande scienziato antico*, Carocci, 2019
- [33] Jürgen Mau, *Was There a Special Epicurean Mathematics?*, pubblicato sul volume EXEGESIS AND ARGUMENT: STUDIES IN GREEK PHILOSOPHY PRESENTED TO GREGORY VLASTOS, 1974. Disponibile in rete su <https://abel.math.harvard.edu/archive/archimedes09/pdf/Mau.pdf>

- [34] Corso di storia della scienza: *Archimedes and the Archimedean Tradition*, Spring, 2009, tenuto ad Harvard da John E. Murdoch, Barry C. Mazur e Mark Schiefsky, <https://abel.math.harvard.edu/archive/archimedes09/>
- [35] Giuseppe Boscarino, *The Mystery of Archimedes. Archimedes, Physicist and Mathematician, Anti-Platonic and Anti-Aristotelian Philosopher*. In: S Paipetis e M Ceccarelli (editori): *The Genius of Archimedes – 23 Centuries of Influence on Mathematics, Science and Engineering*. HISTORY OF MECHANISM AND MACHINE SCIENCE, vol. 11. Springer, Dordrecht, 2010
- [36] Giuseppe Boscarino, Versione in italiano del lavoro precedente: *Il mistero di Archimede*, su <https://matematica.unibocconi.it/articoli/il-mistero-di-archimede>
- [37] G. B. Stones, *The Atomic View of Matter in the XVth, XVIth, and XVIIth Centuries*, *Isis* **10**, 445, 1928
- [38] Maria Boas, *The Establishment of the Mechanical Philosophy*, *Osiris* **10**, 412, 1952
- [39] James Riddick Partington, *A History of Chemistry*, Vol.2, Macmillan, 1961
- [40] Lancelot Law Whyte, *Essay on Atomism, from Democritus to 1960*, Middletown, Connecticut: Wesleyan University Press, 1961

- [41] Alfred Stückelberger, *Lucretius reviviscens - Von der antiken zur neuzeitlichen Atomphysik*, Archiv für Kulturgeschichte **54** 1, 1972
- [42] Ugo Baldini, *Il corpuscolarismo italiano dei seicento. Problemi di metodo e prospettive di ricerca*, in RICERCHE SULL'ATOMISMO DEL SEICENTO, Franco Angeli, 1977
- [43] Christoph Meinel, *Early Seventeenth-Century Atomism Theory, Epistemology, and the Insufficiency of Experiment*, Isis **79**, 68, 1988
- [44] Alan Chalmers, *Atomism from the 17th to the 20th Century*, The Stanford Encyclopedia of Philosophy, Edward N. Zalta (editori) 2019
- [45] Alan Chalmers, *The Scientist's Atom and the Philosopher's Stone: How Science Succeeded and Philosophy Failed to Gain Knowledge of Atoms*, Springer, 2009
- [46] John N. Murrell, *Avogadro and His Constant*, Helvetica Chimica Acta **84**, 1314, 2001
- [47] Martin Quack, *The Concept of Law and Models in Chemistry*, European Review **22**, No. S1, 50, 2014
- [48] Marco Malvaldi, *L'infinito tra parentesi. Storia sentimentale della scienza da Omero a Borges*, Rizzoli, 2017
- [49] Enrico Massa e Giovanni Mana, *Counting atoms*, Nature Physics **12**, 522, 2016

- [50] Archimedes *The Sand-Reckoner*, tradotto da Thomas L. Heath, 1897, presso <https://www.sacred-texts.com/cla/archim/sand/sandreck.htm>
- [51] *L'Arenario*, traduzione in italiano a cura di Heinrich F. Fleck, QUADERNI DI SCIENZE UMANE E FILOSOFIA NATURALE - 2, 1, GENNAIO MMXVI <http://www.heinrichFleck.net/quaderni/Arenarius.pdf>
- [52] C. Plini Secundi, *Naturalis historiae libri XXXVII*, BIBLIOTHECA SCRIPTORUM GRAECORUM ET ROMANORUM TEUBNERIANA a cura di Ludwig von Jan e Karl Friedrich Theodor Mayhoff, B.G. Teubneri, 1870
- [53] Plinio il Vecchio: *Storia naturale*, William Thayer, http://penelope.uchicago.edu/Thayer/I/Roman/Texts/Pliny_the_Elder/home*.html
- [54] Christoph Clavius, *In sphaeram Ioannis de Sacro Bosco commentarius*, Roma, 1581
- [55] Johannes de Sacrobosco, *De Sphaera mundi*, Ferrara, circa 1230
- [56] Eugenio Garin, *Lo zodiaco della vita*, Laterza, 1996
- [57] Marco Ciardi, *Il segreto degli elementi. Mendeleev e l'invenzione del Sistema Periodico*, Hoepli, 2019
- [58] La pagina di Wikipedia in inglese quantifica il diametro del granello di sabbia in 0,019 mm https://en.wikipedia.org/wiki/The_Sand_Reckoner

- [59] Marci Aurelii Severini, *Zootomia Democritæa id est Anatome generalis totius animantium opificii*, Literis Endterianis, Norimbergæ, 1645
- [60] Ugo Baldini e Leen Spruit, *Catholic church and modern science*, Documenti dell'Archivio delle Congregazioni del Sant'Uffizio e dell'Indice, Ex officina libraria vaticana, 2009
- [61] Jordani Bruni Nolani, *De triplici minimo et mensura ad trium speculatarum scientiarum & multarum activarum artium principia*, libri V Apud Joannem Wechelum & Petrum Fischerum consortes, 1591
- [62] Massimo Bucciantini, *Contro Galileo. Alle origini dell'affaire*, Olschki, Firenze, 1995
- [63] Pietro Redondi, *Galileo eretico*, Einaudi. Prima edizione 1989, edizione aggiornata 2004
- [64] Una breve presentazione delle tesi di Redondi è in un servizio su Rai2 del 2014, reperibile su YouTube <https://www.youtube.com/watch?v=VOHE1uccyko>
- [65] Rudolf von Erhardt ed Erika von Erhardt-Siebold, *Archimedes' Sand-Reckoner: Aristarchos and Copernicus*, Isis 5 578, 1942
- [66] Pagina di Wikipedia sulla 'congettura di Keplero' e la sua storia https://it.wikipedia.org/wiki/Congettura_di_Keplero

- [67] Aristotele, *De sensu*, tradotto in inglese da J.A. Smith e W.D. Ross, *The Works of Aristotles*, Oxford, 1907. https://digitalassets.lib.berkeley.edu/main/b20762564_C005621977.pdf
- [68] Werner Tirlor e Gaetano Settimo, *Incense, sparklers and cigarettes are significant contributors to indoor benzene and particle levels*, Ann. Ist. Super. Sanità **51** (1) 28, 2015
- [69] Y. S. Cheng, W. E. Bechtold, C. C. Yu e I. F. Hung, *Incense Smoke: Characterization and Dynamics in Indoor Environments*, Aerosol Science and Technology, **23** (3) 271, 1995
- [70] Yan Wong, *How small can the naked eye see?* risposta ad una domanda ricevuta su Science focus, su <https://www.sciencefocus.com/the-human-body/how-small-can-the-naked-eye-see/>
- [71] Sito del *Certamen Lucretianum Naoniense* presso il liceo Leopardi-Majorana di Pordenone (Portus Naonis) <http://www.leomajor.edu.it/certamen-lucretianum-naoniense/>
- [72] La pagina del docente Paolo Venti con le istruzioni per gli studenti di Pordenone: <https://paoloventi.wordpress.com/2017/02/13/progetto-democritus/>
- [73] Un breve resoconto giornalistico dell'esperienza didattica su Magnenus condotta a Pordenone nell'anno

- scolastico 2016-2017: https://www.ilgazzettino.it/pay/nazionale_pay/certamen_32_latinisti_a_caccia_di_un_premio-2358666.html
- [74] Nota pubblica dell’Agenzia Europea Spaziale (ESA) *A history of astrometry - part II. Telescope ignites the race to measure stellar distances*, <https://sci.esa.int/s/Apj2NdW>, 2019
- [75] Francesco Vissani, *Dal corpo nero agli atomi di luce*, Vol.7 dei QUADERNI DI CULTURA SCIENTIFICA, 2021. https://scienzapertutti.infn.it/images/stories/rubriche/libro_mese/qdcs-vol7.pdf
- [76] Francesco Vissani, *La prima congettura sul numero degli atomi*, *Chimica nella Scuola* n. 5 2022, pag. 63-71 <https://chimicanellascuola.it/index.php/cns/issue/view/7/7> tradotto in inglese in [77]
- [77] Francesco Vissani, *The first conjecture about the number of atoms*, DOI: 10.13140/RG.2.2.32987.85284, https://www.researchgate.net/publication/366176111_The_first_conjecture_about_the_number_of_atoms (2022)

Appello, ringraziamenti e dedica

Da qualche anno mi ero prefisso di trovare dei modi utili per parlare di atomi a scuola. Pian pianino mi sono reso conto che, oltre alle conoscenze accumulate con lo studio della fisica (che ho iniziato a riordinare nel settimo quaderno [75]) conveniva porre mente anche alla storia di questi concetti. Chi si trovò per primo a ragionarne deve aver trovato buone motivazioni e begli argomenti per riuscire a portare avanti un discorso che riguarda “cose” che non si vedono.

Alcuni riferimenti relativi al pensiero filosofico greco erano piuttosto naturali e facilmente accessibili, ma cercando di procedere in ordine mi sono accorto di non conoscere sufficientemente la storia di queste idee nel periodo del seicento, quando la scienza riparte vigorosamente.

Oltre a questo, da parecchio tempo ero curioso di capire la stima di Magnenus del numero degli atomi, di cui avevo sentito parlare tante volte, ma della quale non riuscivo a farmi un'idea precisa: così, l'estate scorsa ci ho voluto provare - ed eccoci qui.

Per non smarrirmi ho dovuto rispolverare materie come il latino, la storia e la filosofia, che (quando mi diplomai al liceo) non sapevo se mi sarebbero mai più servite. Mi scuso con i miei professori di allora: ho cercato di mettere a frutto i loro insegnamenti, ma preparare questo quaderno mi è servito principalmente per rendermi conto fino a che punto oggi sia arrugginito. Spero che la circostanza non risulti troppo fastidiosa per chi avrà la bontà di leggere queste note, e mi auguro di non aver fatto troppi errori; ho fatto quel che potevo per evitarli.

Vorrei però approfittare per chiedere cortesemente aiuto a chiunque avesse voglia di ragionare degli argomenti che ho provato a raccogliere. Sarei onorato di ricevere opinioni, commenti, suggerimenti, critiche o correzioni, che userò per migliorare questo testo. Il mio indirizzo email è vissani@lngs.infn.it

Nel frattempo esprimo la più grande riconoscenza a Marco Ciardi, e Antonio Clericuzio, per le impagabili valutazioni e l'aiuto prezioso. Ho anche il piacere di ringraziare Federico Maria Sardelli per una dritta di qualche anno fa andata alfine a segno. Sono profondamente grato a Marco Capogni, Corrado Caselunghe, Pasquale Di Nezza, Virgilio Dolcher, Silvano Fuso, Paolo Mazzarello, Luca Piedominici, Nicola Rossi, Marco Segala e Paolo Venti per le utili discussioni che hanno accompagnato la preparazione di questo lavoro e i numerosi consigli. Ringrazio infine due revisori anonimi del giornale *Chimica nella Scuola*, che mi hanno aiutato a mettere a punto la versione che apparirà presto in stampa [76].

Infine, vorrei dedicare questo quaderno a Claudia Ricci, che più di mezzo secolo fa mi ha invogliato allo studio ed iniziato alla lettura, e che ci appena lasciato: riposa in pace, mamma.

Indice delle persone

- Aguilonius, 8
Archimede, 1, 21–23, 33,
34, 39–43, 45,
49–52, 62–65, 69,
72, 80, 82–84, 87,
92, 97, 99, 106,
109
Aristarco, 22, 33, 34, 40,
42
Aristotele, 14, 74,
111
Avogadro, A, 48, 108

Baldini, U, 27
Basso, S, 8, 16, 19
Bernoulli, D, 87
Bessel, F, 97
Boas, M, 25
Boltzmann, L, 87

Boyle, R, 10, 11, 26, 28, 31,
59, 81, 103
Bracciolini, P, 15
Brahe, T, 8
Bruno, G, 8, 52
Bucciantini, M, 52

Cabeo, N, 8, 15
Campanella, T, 52
Capogni, M, 114
Cardano, G, 8
Cartesio, R, 9, 10
Caselunghe, C, 114
Cavalieri, B, 46
Celso, 17
Chalmers, A, 28
Charleton, W, 10, 11, 16,
26, 49, 59, 62–64,
83, 103

Ciardi, M, 114
Clagett, M, 21, 106
Clavio, 15, 36, 39, 43, 44,
51, 60
Clericuzio, A, 17, 19, 28,
105, 114
Copernico, 33, 46
Copernico, N, 8, 22,
42
Croll, O, 8
Cusano, N, 8

Dalton, J, 25
Democrito, 10, 13–15, 17,
18, 20, 23, 31, 45, 48,
52, 59, 65, 74,
104
Di Nezza, P, 114
Digby, K, 11
Diotene Laerzio, 9, 13, 14,
104
Dolcher, V, 114

Einstein, A, 13
Enriques, F, 14
Epicuro, 10, 14, 20, 45, 52,
103
Eratostene, 97
Euclide, 31, 42, 52

Eudosso, 42

Ficino, M, 8
Fineo, O, 8
Fleck, HF, 40, 109
Fludd, R, 8
Fracastoro, G, 8
Fuso, S, 114

Gaffarel, J, 8
Galilei, G, 8, 15, 52,
102
Gassendi, P, 9–11, 26,
81
Giacomo da Cremona,
21
Greenblatt, S, 15

Hales, T, 73
Halley, E, 27
Hariot, T, 73
Heath, TL, 40, 109

Ippocrate di Coò, 17

Johnson, RJ, 22

Keplero, G, 8, 46, 73,
110
Kircher, A, 8

Lagalla, GC, 52
Leucippo, 20
Liceti, F, 8
Lucrezio, 15, 20, 22, 45,
104, 105

Magenus, 1, 6–11, 14, 16,
18–32, 38–40, 42,
43, 45, 47–54,
56–66, 71, 72,
78–84, 86, 87, 97,
99, 101, 113

Malvaldi, M, 30
Mau J, 22
Maxwell, JC, 87
Mazzarello, P, 114
Mazziotti, M, 14
Meinel, C, 27–29,
108

Morin, JB, 9, 26
Murrell, JN, 29

Newton, I, 26, 27,
105

Ordine, N, 106

Paracelso, 8
Partington, JR, 26
Pierdominici, L, 114

Plinio il vecchio, 34, 37,
39, 43, 50, 51, 60, 84,
109

Quack, M, 30
Quercetanus, 8

Rabelais, F, 14
Redondi, P, 52, 110
Ricci, C, 114
Ricci, M, 15
Rossi, N, 114
Ruedenberg, K, 29
Russell, B, 13, 103
Russo, L, 13, 42, 103

Sacrobosco, G, 39, 43, 44,
109

Sala, A, 8
Sardelli, FM, 114
Scaligero, GC, 8
Scheiner, C, 8
Schwarz, WHE, 29
Segala, M, 114
Sennert, D, 8, 16, 18, 19,
81

Serres, M, 22
Severino, MA, 51
Sisto V, 46

Stückelberger, A, 27,
28

Tolomeo, C, 46

Torricelli, G, 46

van Helmont, JB, 8

van Leeuwenhoek, A, 26,
81

van Melsen, AGM,
16

Venti, P, 89, 114

Wertheim, C, 106

Westfall, RS, 45, 102,
103

Whyte, LL, 26, 60,
107

Quaderni di cultura scientifica

Vol.1, NOV.2019: *Benedetto Croce, la scienza e la scuola*

Vol.2, DIC.2019: *La parola ai premi Nobel: Einstein, Feynman, Gamow*

Vol.3, GEN.2020: *Buon compleanno, Isaac Asimov!*

Vol.4, APR.2020: *La formula più bella (e cosa c'è dietro)*

Vol.5, APR.2021: *Appunti e riflessioni sulla scienza greca*

Vol.6, MAG.2021: *Premio Asimov 2021: le migliori recensioni d'Abruzzo*

Vol.7, NOV.2021: *Dal corpo nero agli atomi di luce*

Vol.8, MAG.2022: *Premio Asimov 2022: le migliori recensioni d'Abruzzo*



L'autore, Francesco Vissani, è un fisico in forza ai laboratori nazionali del Gran Sasso da 20 anni, dove si occupa di particelle elementari, specie di neutrini, e del loro ruolo in fisica ed astrofisica.

Ha studiato al Liceo scientifico Galileo Galilei di Macerata (sua città natale), si è laureato in fisica all'università di Pisa ed ha ottenuto il MSc ed il PhD in fisica teorica presso la SISSA di Trieste.

Ha insegnato a L'Aquila, a Milano, a Catania, a Napoli, a Bariloche (Argentina) e a Campinas (Brasile).

È un fortissimo sostenitore dell'importanza della cultura e della divulgazione scientifica, ambiti a cui ha contribuito creando il Premio ASIMOV, giunto in Italia alla ottava edizione.

Ha moltissimi amici, una moglie, una figlia e un cane pechinese.

Pur essendo un lettore quasi onnivoro e alla ricerca di nuove esperienze intellettuali, è ancora un po' sorpreso di essersi infilato nell'avventura dei Quaderni di Cultura Scientifica ma è abbastanza vecchio da capire che *nella vita non si può mai dire.*

Un tentativo di contare gli atomi, in un libro in latino di un medico-filosofo del seicento che lavorava a Pavia e che cercava ispirazione da Democrito, Archimede e Plinio per ragionarne.