

## Galileo e l'atomismo\*

WILLIAM R. SHEA\*\*

Sommario: 1. *Il dibattito sul galleggiamento dei corpi*. 2. *La controversia sulle comete*. 2.1. *La sollecitazione dei sensi*. 2.2. *Vecchie idee rese nuove*. 3. *I Discorsi e dimostrazioni matematiche*.



Galileo si occupò soprattutto di due ordini di problemi: la difesa dell'ipotesi copernicana in astronomia, e la determinazione delle leggi del moto naturale e prodotto in meccanica. Il suo interesse alla costituzione della materia fu di riflesso; in nessun luogo, nelle sue opere, troviamo una trattazione completa, o almeno una discussione dettagliata, sulla natura delle particelle ultime delle sostanze materiali<sup>1</sup>. Il problema gli si presentò relativamente tardi nella sua carriera scientifica, quando si mise a indagare sul galleggiamento dei corpi, dopo il suo ritorno a Firenze nel 1610. Egli sollevò il problema una seconda volta in occasione del dibattito sulle comete, nel 1616, e, finalmente, esaminò il fondamento matematico della teoria atomica nella sua opera più importante, *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, pubblicata nel 1638. Qui esamineremo

\* Pubblicato originariamente come *Galileo's atomic hypothesis*, «Ambix», 17(1970), pp. 13-27. Una versione italiana è apparsa in W.R. SHEA, *Copernico, Galileo, Cartesio. Aspetti della rivoluzione scientifica*, Armando, Roma 1989, pp. 91-107. La presente versione riveduta introduce alcune modifiche nel testo originale.

\*\* Institut d'Histoire des Sciences, Université Louis Pasteur de Strasbourg, 7, rue de l'Université, 67000 Strasbourg, France

<sup>1</sup> L'atomismo di Galileo non è stato studiato in modo esauriente. Sono ancora utili gli studi di E. GOLDBECK, *Galileis Atomistik und ihre Quellen*, «Bibliotheca Mathematica», III (1902), pp. 84-112, di K. LASSWITZ, *Geschichte der Atomistik von Mittelalter bis Newton*, Hamburg-Leipzig 1980, vol. II, pp. 37-55, e di LÖWENHEIM, *Der Einfluss Demokrit's auf Galilei*, «Archiv für Geschichte der Philosophie», VII (1894), pp. 230-268, che esagera il debito di Galileo nei confronti di Democrito. Tra gli studi più recenti sono particolarmente

mo, una dopo l'altra, queste tre fasi nello sviluppo delle sue idee circa la natura e il ruolo degli atomi.

## **1. Il dibattito sul galleggiamento dei corpi**

Il motivo che spinse Galileo a pubblicare, nel 1612, il *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono* fu di mostrare, in termini archimedei, che l'unica causa del galleggiamento o dell'affondamento dei corpi era la maggiore o minore gravità specifica del solido in relazione all'ambiente<sup>2</sup>. Egli escluse decisamente, anche come cause sussidiarie, la forma del corpo e la resistenza del liquido, elementi che erano invece invocati dai suoi avversari aristotelici<sup>3</sup>. Questo netto rifiuto della nozione che l'acqua potesse offrire una qualsiasi resistenza al passaggio di corpi implicava che essa era discontinua e, quindi, composta di particelle separate, o atomi. In altre parole, secondo Galileo, l'unica ipotesi conciliabile con il principio di Archimede, l'unico che per lui aveva valore esplicativo, era che l'acqua si trovava in uno stato "atomico". La sua immaginazione scientifica sapeva trovare facilmente delle analogie, e così egli paragonava il muoversi in mezzo all'acqua con il farsi largo a gomitate in mezzo alla folla o con il ficcare un bastone in un mucchio di sabbia. In entrambi i casi non si produceva alcuna frattura, ma si separava semplicemente ciò che era già diviso<sup>4</sup>.

Galileo era a conoscenza, ovviamente, della teoria democritea secondo la quale dei corpi piatti un po' più pesanti dell'acqua galleggiavano perché erano sospinti verso l'alto da atomi di calore che salivano in superficie attraverso l'acqua. Egli lodava Democrito per il suo tentativo di andare oltre l'indeterminatezza delle pure categorie qualitative, «perché egli, non si contentando del nome solo, aveva voluto più particolarmente dichiarare che cosa fusse la gravità e la leggerezza»<sup>5</sup>.

Secondo l'opinione di Galileo, proprio in questo avevano fallito gli aristotelici; essi riaffermavano semplicemente gli effetti in termini di forze ignote che li producevano, ed ignoravano l'importanza di quella precisa previsione che avrebbe reso significativa la sperimentazione empirica. Lo stesso Galileo applicò questo metodo alla teoria di Democrito. Se gli atomi di calore potevano sorreggere un piatto largo leggermente più denso dell'acqua alla superficie, dovevano essere capaci di sollevarlo dal fondo di un recipiente. Gli esperimenti, comunque, stabi-

---

importanti quelli di P. REDONDI, *Atomi, indivisibili e dogma*, «Quaderni storici», 59/a XX, n. 2, agosto 1985, pp. 529-575, e di G. NONNOI, *Saggi Galileiani: Atomi, Immagini e Ideologia*, AM&D Edizioni, Cagliari 2000.

<sup>2</sup> Cfr. W.R. SHEA, *La rivoluzione intellettuale di Galileo*, Sansoni, Firenze 1974, pp. 30-70.

<sup>3</sup> Cfr. Galileo GALILEI, *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono*, in *Opere*, a cura di A. FAVARO, 20 voll., Barbera, Firenze 1890-1909, IV, p. 86.

<sup>4</sup> *Ibidem*, p. 105.

<sup>5</sup> *Ibidem*, p. 133.

lirono facilmente che le cose non stavano così, e, sulla base di questa prova, si poteva o negare del tutto l'esistenza degli atomi di calore o affermare che essi erano troppo deboli per spingere un piatto, per quanto sottile, attraverso l'acqua. Galileo accettò la seconda alternativa per l'acqua fredda, ma espresse l'opinione che, quando l'acqua veniva riscaldata, degli atomi di calore si sprigionavano dal carbone incandescente in cui erano rimasti compressi, passavano attraverso il vetro e spingevano il piatto verso l'alto<sup>6</sup>. Egli addusse a prova l'esperimento dell'acqua che, in un recipiente posto sul fuoco, cominciava a salire molto prima che raggiungesse il punto d'ebollizione.

«Volendo poi veder sensatamente da che derivi questo ricrescimento, andate con diligenza osservando, e vederete che secondo che gli atomi di fuoco si vanno moltiplicando per l'acqua ed aggregandosene molti insieme, formano alcuni piccoli globettini, li quali in gran numero vanno ascendendo per l'acqua e scappando fuori della sua superficie... Questi, Sig. Colombe, non sono, come vi credete, vapori generati da alcune parti d'acqua, che, mediante la qualità calda del fuoco, si vadia in quelli risolvendo e trasmutando»<sup>7</sup>.

Questo brano illustra bene in che modo i filosofi naturali cercavano ciò che le rispettive teorie facevano loro sperare di trovare e raramente avevano occhi per spiegazioni di teorie rivali. Mentre Galileo vedeva atomi di calore venire gorgogliando alla superficie dell'acqua, Ludovico delle Colombe, uno dei suoi avversari, non sapeva vedere nei globuli simili a gocce di rugiada se non del vapore acqueo. Secondo Galileo, gli atomi di calore salivano attraverso l'acqua, si riunivano alla superficie e s'immettevano nell'aria quando formavano un numero sufficiente per potersi aprire un varco. Anche gli atomi individuali cercavano di liberarsi, ma essi «vengono ritenuti in copia grande dall'acqua aderente, come nello scender per l'aria molti corpuscoli si fermano su l'acqua per l'aderenza dell'aria»<sup>8</sup>.

Non volendo ammettere l'esistenza di una tensione di superficie, Galileo fu costretto a concludere, paradossalmente, che le particelle di materia presenti sulla superficie non erano fermate dalla resistenza dell'acqua alla penetrazione, ma erano trattenute dall'aria, e che mentre l'acqua poteva impedire l'uscita di corpi che salivano attraverso di essa, non era capace di offrire alcuna resistenza alla penetrazione di oggetti provenienti dall'esterno.

In effetti, l'atomismo di Galileo non fu che un'ipotesi *ad hoc* inventata allo scopo di salvaguardare i suoi principi archimedei del moto. Quando Giorgio Coresio, un professore dell'Università di Pisa, contestò la nozione di atomi invisibili, la risposta di Galileo mostrò che egli non aveva elaborato la sua teoria in dettaglio. «Gli atomi» — scrisse — «son così detti, non perché siano non quanti,

<sup>6</sup> *Ibidem*, p. 132.

<sup>7</sup> *Risposta alle opposizioni del S. Lodovico delle Colombe e del S. Vincenzo di Grazia* (Firenze 1615), *ibidem*, IV, pp. 654-655.

<sup>8</sup> Postilla a *Considerazioni... da Accademico Incognito* (Pisa 1612), *ibidem*, IV, p. 195.

ma perché, sendo i minimi corpuscoli, non se ne danno altri minori da i quali possino esser divisi»<sup>9</sup>.

In questo periodo, dunque, Galileo sembra aver avuto una posizione simile a quella dei commentatori di Aristotele sui *minima naturalia*, ed aver creduto che gli atomi erano praticamente, ma non necessariamente intrinsecamente, indivisibili.

Vincenzo di Grazia, un altro professore dell'Università di Pisa, mosse un'obiezione più grave, mettendo in dubbio la possibilità di combinare punti indivisibili in un continuo matematico:

«Non so già ritrovare, in che maniere il Sig. Galileo voglia che i metalli si dividino quasi in parti indivisibili da i sottilissimi aculi del fuoco, e quali sien questi aculi che in esso si ritrovano; se però egli non vuole che le cose si componghino di atomi e di parti indivisibili, il che non posso credere, come quel che repugna alle sue matematiche, le quali non concedano che la linea si componga di punti»<sup>10</sup>.

Galileo eluse il problema sollevando una questione retorica circa l'attendibilità dell'informazione del di Grazia<sup>11</sup>. Ma il problema non era tale da poter essere evitato indefinitivamente e si profilò con crescente gravità nelle opere successive, fino a diventare una questione centrale nei suoi *Discorsi e dimostrazioni matematiche*.

## 2. La controversia sulle comete

La discussione sugli elementi costitutivi ultimi della materia, iniziata con il dibattito sul galleggiamento dei corpi, fu ripresa nella controversia sulle comete, nel 1618. Galileo criticava l'opinione aristotelica secondo cui il vapore nell'atmosfera era prodotto dalla rotazione delle sfere celesti. Egli sosteneva che il moto in quanto tale non produce alcun cambiamento e che solo l'attrito e la compressione sono agenti di calore, che risulta dalla dissoluzione di un corpo materiale in parti mobili sottilissime, «le quali, movendosi, penetrano per li meati della nostra carne e nel passar per essa, secondo che saranno pochi o molti, tardi o veloci, produrranno col lor toccamento in noi un certo grato diletico che noi poi chiamiamo caldo soave, o vero una violenta dissoluzione di parti con molto nostro dolore, la quale scottamento o abbruciamento vien detta»<sup>12</sup>. Quando,

<sup>9</sup> Postilla agli *Errori di Giorgio Coresio* di Benedetto Castelli, *ibidem*, IV, p. 281, postilla 23.

<sup>10</sup> Vincenzo DI GRAZIA, *Considerazioni sopra il discorso di Galileo Galilei* (Firenze 1613), *ibidem*, IV, pp. 416-417.

<sup>11</sup> *Risposta alle opposizioni...*, *ibidem*, IV, p. 733.

<sup>12</sup> Mario GUIDUCCI e Galileo GALILEI, *Discorso delle comete* (Firenze 1619), in *Opere*, VI, p. 56.

invece, si sfregano insieme superfici molto dure, come i diamanti, o molto lisce, come il vetro, esse non diventano calde perché nessuna particella si distacca dai loro corpi.

Giovanni Battista Baliani lamentava, in una lettera a Galileo, che non era chiaro perché delle piccole particelle che volavano da corpi incandescenti potevano produrre una sensazione spiacevole se si muovevano rapidamente, e una sensazione piacevole se si muovevano lentamente; e affermava di non vedere in che modo Galileo spiegasse la differenza tra il calore in un corpo che brucia e la sensazione di calore in chi la sente. Egli notava, inoltre, che il legno, la cera e l'olio si dissolvono in vapore, ciò che non accade per il ferro e gli altri metalli. Galileo annotò la seguente risposta a margine della lettera di Baliani.

«Noi aviamo 1000 sorti di fluidi come acqua, 1000 di solidi come terra, 1000 come l'aria, sicome ci mostrano, non che altro, le evaporazioni di 1000 odori; e perché non 1000 come il fuoco? Sì che il calore che noi sentiamo provenga non dalla sostanza, ma dalla figura, grandezza e moto del corpo dissolto in parti minime? Per ferire e bucar la carne, non è necessario che 'l coltello sia più di acciaio che di rame, di pietra, d'osso o di rovere; basta che sia acuto e tagliente; e così, che i minimi ne i quali si dissolve la cera sieno di sostanza diversi da quelli ne' quali si dissolve 'l ferro, poco importa per generare in noi il caldo, pur che amendui si dissolvano in parti sottilissime, acute e mobili, cioè atte a penetrar per i nostri pori»<sup>13</sup>.

L'obiezione sollevata da Orazio Grassi, il principale avversario di Galileo, aveva carattere meno speculativo e abbassava la discussione al livello dell'empirico e del quantitativo. Dopo aver rimosso con cura tutta la ruggine da un pezzo di rame, egli l'aveva pesato su una bilancia capace di misurare una differenza di mezzo dodicesimo d'oncia: poi l'aveva battuto con un martello fino a farlo diventare una lamina rovente e aveva trovato che non era diminuito di peso:

«E se qualcuno, a questo punto, dicesse che le parti certamente si perdono, ma che sono così minute da non poter essere pesate con una bilancia, per quanto piccola possa essere, gli chiederei da che cosa deduce che quelle parti si sono perse: non vedo, infatti, in quale altro modo potrei esaminare ciò in maniera più opportuna e attenta. E poi, se questa perdita di parti è così esigua da non poter essere percepita dai sensi, come mai ha prodotto così tanto calore? Inoltre, quando il ferro viene levigato con una lima, indubbiamente si riscalda, ma in misura minore o certamente non maggiore di quando viene battuto molto fortemente con un martello; e tuttavia si produce una perdita di parti di gran lunga maggiore con la limatura che con la battitura»<sup>14</sup>.

<sup>13</sup>Lettera dell'8 agosto 1619, *ibidem*, XII, p. 475.

<sup>14</sup>«Quod si quis forte hoc loco asserat, deperdi quidem partes, sed adeo minutas ut sub librae,

In una postilla, Galileo respingeva l'interpretazione di Grassi:

«Ciò non sorprende: considera, infatti, che, se batti con un martello per mezz'ora, si consuma tanto oro quanto se ne consuma in un anello che porti per due mesi, in cui non noti alcuna perdita, anche se in realtà questa si verifica»<sup>15</sup>.

E per quanto riguardava il problema circa il modo in cui sappiamo che alcune parti si perdono, rispondeva:

«Questo si conosce, perché quel corpi de' quali nulla si perde, non si riscaldano: adunque di quelli che si riscaldano è credibile che qualche parte, ben che insensibile, se ne perda»<sup>16</sup>.

Nel *Saggiatore*, Galileo ampliava queste osservazioni affermando che le bilance non erano abbastanza sensibili da registrare la lieve perdita di peso che ne deriva e illustrava il suo assunto con gli esempi seguenti. Un bottone dorato perde ogni giorno un po' della sua doratura, anche se la differenza rimane impercettibile; una pallina di ambra o di muschio può riempire di profumo una stanza per due settimane senza perdere nulla del suo peso apparente<sup>17</sup>.

La replica di Grassi è significativa, perché egli si calava nel ruolo dello sperimentalista ostinato:

«AmMESSO pure che il permanere dello stesso peso in un ferro sottoposto a battitura non sia argomento evidente che non si sia avuta qualche perdita, in quanto potrebbe essere volato via da esso qualcosa che è specificamente più leggero del ferro, tuttavia non può affermarsi con alcun argomento, neppure ipotetico, che in realtà si sia verificata questa perdita. A meno che la ragione non ci convinca diversamente, noi siamo guidati alla conoscenza dal senso: e il senso sta dalla mia parte; il ragionamento, cioè la deduzione logica di Galileo, viene meno fin dal suo inizio, come è stato già dimostrato prima»<sup>18</sup>.

---

quamvis exiguae, examen non cadant, quaeram ego ex illo, unde novit partes esse deperditas: neque enim video, quoniam alio id modo aptius ac diligentius inquiram. Deinde vero, si adeo exigua est haec partium iactura ut sensu percipi nequeat, cur tantum caloris excitavit? Praeterea, dum ferrum lima expolitur, calefit quidem, minus tamen aut certe non plus quam cum malleo validissime tunditur; et tamen maior longe partium deperditio ex limatura quam ex contusione existit» (O. GRASSI, *Libra astronomica ac philosophica* [Perugia 1619], in *Opere*, VI, pp. 161-162).

<sup>15</sup> «Mirum non est: puta enim ex auro per ictus horae dimidiatae tantu absumi, quantum ex anulo quem gestaveris per duos menses; cuius decrementum ex lance non percipies, licet revera absumatur» (*ibidem*, VI, p. 161, postilla 146).

<sup>16</sup> *Ibidem*, p. 162, postilla 147.

<sup>17</sup> Galileo GALILEI, *Il Saggiatore* (Roma 1623), *ibidem*, VI, pp. 332-333.

<sup>18</sup> «Esto enim, in ferri percussione pondus semper idem non sit evidens nullius iacturae argumentum, quod potuerit ex eo aliquid evolare, quod levius esset in specie quam ferrum:

Galileo aveva addotto come prova del fatto che ciò che si staccava era più leggero dell'aria il fumo prodotto da un pezzo di vetro graffiato con una chiave. Contro questo argomento Grassi aveva risposto che quando si spezzava nettamente un piatto di vetro, non si notava alcuna esalazione, anche se, secondo la teoria di Galileo doveva vedersi un'enorme nube di fumo a causa del grande numero di pori che si aprivano. Un leggero graffio su un pezzo di vetro, comunque, produce una notevole quantità di fumo, indicando così che questo non è una misteriosa esalazione, ma soltanto la polvere di vetro. Il modo in cui Galileo rigetta questo attacco è davvero notevole, perché egli abolisce del tutto gli esperimenti e si rifugia dietro l'inattaccabilità della teoria:

«Nel rompersi la lastra in 2 parti, vola il fumo o esalazione, ma invisibile, perché non ha la sottile polvere da portar seco, per la quale si fa visibile»<sup>19</sup>.

## 2.1. La sollecitazione dei sensi

Il dibattito sul moto come causa di calore condusse Galileo a postulare l'esistenza di particelle invisibili di materia che agiscono sugli organi sensoriali e provocano una risposta soggettiva chiamata calore. Questa teoria contrastava con la convinzione comune che il calore appartenesse agli attributi o proprietà reali dei corpi, e proprio per confutare questa visione ingenuamente realistica della realtà Galileo escogitò uno degli esperimenti concettuali più significativi sul piano epistemologico:

«Per tanto io dico che ben sento tirarmi dalla necessità, subito che concepisco una materia o sostanza corporea, a concepire insieme ch'ella è terminata e figurata di questa o di quella figura, ch'ella in relazione ad altre è grande o piccola, ch'ella è in questo o quel luogo, in questo o quel tempo, ch'ella si muove o sta ferma, ch'ella tocca o non tocca un altro corpo, ch'ella è una, poche o molte, né per veruna imaginazione posso separarla da queste condizioni; ma ch'ella debba essere bianca o rossa, amara o dolce, sonora o muta, di grato o ingrato odore, non sento farmi forza alla mente di doverla apprendere da cotali condizioni necessariamente accompagnata: anzi, se i sensi non ci fossero scorta, forse il discorso o l'imaginazione in sé stessa non v'arriverebbe già mai. Per lo che vo io pensando che questi vapori, odori, colori etc., per la parte del soggetto nel quale ci par che riseggano, non sieno altro che puri nomi, ma tengano solamente la residenza nel

---

nullo tamen, ac ne probabili quidem, argumento efficitur ut haec consumptio re vera extitisset dicenda sit. Nos autem, nisi ratio allud suadeat, sensu ad scientiam ducimur: sensus autem pro me stat; ratio seu logica progressio Galilaei ipso in ingressu concidit, ut ostensum est supra» (O. GRASSI, *Ratio ponderum librae et simbellae* [Parigi 1626], in *Opere*, VI, pp. 479-480).

<sup>19</sup>*Ibidem*, pp. 480-481, postilla 137.

corpo sensitivo, sì che rimosso l'animale, sieno levate ed annicchilate tutte queste qualità»<sup>20</sup>.

Galileo non torturò la natura, ma la passò attraverso il crogiolo di un esperimento mentale e si appellò al senso comune e all'esperienza quotidiana per confermare il risultato. Egli osservò, per esempio, che il movimento della mano su una statua di marmo e su una persona vivente è identico per quanto riguarda la mano, ma produce nell'uomo, specialmente sulle piante dei piedi e sotto le ascelle, una sensazione nota col nome di solletico. Secondo Galileo, l'affermare che gusti, odori e colori esistono separati dagli organi che ne vengono interessati sarebbe erroneo proprio come l'attribuire la proprietà del solletico alla mano. Ciò che esiste nell'oggetto che produce una sensazione è materia in movimento. Particelle di varia grandezza, forma, quantità e velocità urtano contro gli organi sensoriali e danno origine a differenti sensazioni. Più specificamente, gli elementi in ordine di ascendente immaterialità, cioè la terra, l'acqua, il fuoco, l'aria e la luce, colpiscono rispettivamente i sensi del tatto, del gusto, dell'odorato, dell'udito e della vista. Questa correlazione sembra essere stata comune tra gli esponenti della teoria della corrispondenza tra macrocosmo e microcosmo. Il seguente brano dai *Mondi celesti, terrestri et infernali* di Anton Francesco Doni presenta sorprendenti somiglianze con l'esposizione di Galileo:

«Il gran Mondo entra nell'anima del Picciol Mondo per cinque porte, cioè per cinque sensi, per la vista entrano i corpi luminosi superiori, et colorati; per il tatto, i corpi sodi et terrestri, per il gusto, le cose di acqua; per l'udito quelle d'aere; et per l'odorato, le vaporate che tengono dell'humido, alcune tengono d'aere, altre di vampa infocata, et altre cose aromatiche. La terra adunque corrisponde al tatto, l'acqua al gusto, l'aere all'udito; il fuoco all'odorato; la Quinta essentia, (overo il corpo) corrisponde all'occhio, et di nuovo si può vedere l'amorevolezza di questi elementi che si congiungono volentieri insieme»<sup>21</sup>.

Affermando che i sensi fondamentali del tatto, dell'odorato, del gusto, dell'udito e della vista, che sembrano risiedere in oggetti esterni, non hanno una realtà al di fuori del soggetto che li percepisce, Galileo allargò la sua analisi al calore. Il fuoco, affermava, è semplicemente un nome per indicare la moltitudine di minuti corpuscoli che colpiscono gli organi sensoriali. Questi corpuscoli causano una sensazione piacevole quando aiutano il processo di traspirazione, e una sensazione spiacevole quando lacerano e bruciano la carne. In se stesso, il fuoco non è nulla oltre alla forma, al moto e al potere di penetrazione delle sue particelle, ma i corpuscoli del fuoco non potrebbero produrre calore se non fossero mobili, e in questo senso il moto è la causa del calore. Quest'ultima asserzione fu sugge-

<sup>20</sup> *Il Saggiatore*, *ibidem*, pp. 347-348.

<sup>21</sup> Anton Francesco DONI, *Mondi celesti, terrestri et infernali*, Venezia 1567, pp. 50-51.

rita dall'aver osservato che la calce viva non produce calore a meno che non venga fatta cadere nell'acqua. Galileo spiegò che le particelle di fuoco sono trattenute immobili nei pori della calce viva fino a quando questi non vengono aperti dall'azione dell'acqua<sup>22</sup>.

La terminologia usata da Galileo fino a questo punto è degna di nota. In tutta la discussione sulle qualità primarie e secondarie non appare mai la parola "atomo". Ecco i termini da lui usati: *corpicelli minimi*<sup>23</sup>, *minimi*<sup>24</sup>, *ignicoli*<sup>25</sup>, *minimi ignei*<sup>26</sup>, *i minimi del fuoco*<sup>27</sup>, *minimi sottilissimi e volanti*<sup>28</sup>, *i minimi quanti*<sup>29</sup>. Questi *minimi* sono le parti più piccole di una sostanza naturale, ma non sono gli ultimi elementi costitutivi della materia, poiché possono essere ulteriormente divisi. Galileo asserisce alla fine del *Saggiatore* che la loro ultima scomposizione in atomi comporterebbe una radicale trasformazione della materia:

«E forse mentre l'assottigliamento e attrizione resta e si contiene dentro ai minimi quanti, il moto loro è temporaneo, e la lor operazione calorifica solamente; che poi arrivando all'ultima ed altissima risoluzione in atomi realmente indivisibili, si crea la luce, di moto o vogliamo dire espansione e diffusione instantanea, e potente per la sua, non so s'io debba dire sottilità, rarità, immaterialità, o pure altra condizion diversa da tutte queste ed innominata, potente, dico, ad ingombrare spazii immensi»<sup>30</sup>.

Precedentemente, sempre nel *Saggiatore*, Galileo aveva congetturato che «stimiamo diffondersi per gl'immensi campi dell'universo una sottilissima sostanza eterea, per la quale i corpi solidi mondani vadano con lor proprii movimenti vagando»<sup>31</sup>.

Queste parole riecheggiavano ciò che aveva scritto qualche anno prima a Piero Dini:

«... parermi che nella natura si ritrovi una sostanza spiritosissima, tenuissima e velocissima, la quale, diffondendosi per l'universo, penetra per tutto senza contrasto, riscalda, vivifica e rende feconde tutte le viventi creature, e di questo spirito per che 'l senso stesso ci dimostri il corpo stesso del Sole esserne ricetta prin-

<sup>22</sup> *Il Saggiatore*, pp. 350-351.

<sup>23</sup> *Ibidem*, p. 350, riga 28.

<sup>24</sup> *Ibidem*, riga 34.

<sup>25</sup> *Ibidem*, p. 351, righe 3, 22, 34.

<sup>26</sup> *Ibidem*, righe 5-6, 12, 19, 28.

<sup>27</sup> *Ibidem*, riga 26.

<sup>28</sup> *Ibidem*, riga 33-34.

<sup>29</sup> *Ibidem*, p. 352, riga 2.

<sup>30</sup> *Ibidem*, p. 352.

<sup>31</sup> *Ibidem*, p. 317.

cipalissimo, del quale espandendosi un'immensa luce per l'universo, accompagnata da tale spirito calorifico e penetrante per tutti i corpi vegetabili, gli rende vividi e fecondi. Questo ragionevolmente stimar si può essere qualche cosa di più del lume, poi che ei penetra e si diffonde per tutte le sostanze corporee, ben che densissime, per molte delle quali non così penetra essa luce: tal che, si come del nostro fuoco veggiamo e sentiamo uscir luce e calore, e questo passar per tutti i corpi ben che opaci e solidissimi, e quella trovar contrasto dalla solidità e opacità, così l'emanazione del Sole è lucida e calorifica, e la parte calorifica è la più penetrante»<sup>32</sup>.

Galileo non si fissò su questo punto e prese in considerazione diverse ipotesi, una dopo l'altra. Se nella lettera a Dini il calore viene dichiarato più fondamentale della luce, nel *Saggiatore* l'ordine risulta invertito e la luce ottiene la precedenza sul calore. Questo cambiamento sembra essere stato suggerito dalla considerazione che, poiché il calore è causato dal moto e il moto si verifica nel tempo, non era più possibile affermare un'istantanea propagazione del calore, mentre ciò si poteva ancora asserire della luce. Alcuni anni più tardi, comunque, nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, Galileo abbandonò del tutto l'idea della propagazione istantanea e pensò a un esperimento per determinare la velocità della luce<sup>33</sup>.

Grassi non era disposto a lasciare che le cose rimanessero così e contrattaccò sul piano della teologia e della filosofia scolastica. In teologia, egli fece appello all'argomento, comune tra gli Scolastici fin dal Medio Evo, che il mistero dell'Eucarestia implicava un sostanziale cambiamento nella natura del pane, ma la permanenza di specie sensibili, quali il colore, l'odore e il gusto. Dichiarando queste qualità come soggettive, e considerandole come puri nomi nell'oggetto esterno, Galileo metteva in pericolo il dogma della transustanziazione<sup>34</sup>. Un simile argomento era sleale, non solo perché poneva un'interpretazione filosofica al livello di una dottrina di fede, ma anche perché trascinava il dibattito su un terreno sul quale Galileo non aveva il permesso di muoversi per l'ingiunzione ricevuta dal cardinale inquisitore durante un'udienza del 1616.

Da un punto di vista filosofico, Grassi non fece che ripetere le consuete obiezioni aristoteliche a Democrito. Se la luce fosse costituita da atomi indivisibili, questi dovrebbero essere o finiti o infiniti. Ma non potrebbero essere infiniti, perché non potrebbe esserci alcun punto medio tra le estremità di una linea costituita da un numero infinito di punti; e neppure potrebbero essere finiti, a causa delle

<sup>32</sup>Lettera del 23 marzo 1615, *ibidem*, V, p. 301. Benedetto Castelli scrisse a Galilei l'8 maggio 1612: «Aggiungo (e conforme alle mie supposizioni della luce), che non essendo altro corpo lucido, che un corpo che vibra di continuo e scaglia corpuscoli velocissimi» (*ibidem*, XI, p. 295). Quanto a Galileo, egli non usò mai questa idea di una fonte pulsante di luce e calore.

<sup>33</sup>*Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze*, *ibidem*, VIII, pp. 87-89.

<sup>34</sup>*Ratio ponderum*, *ibidem*, VI, pp. 486-487.

difficoltà matematiche che ne seguirebbero. Inoltre, atomi indivisibili, senza una forma e una posizione nello spazio, non potrebbero produrre sensazioni di alcun genere. Se le varie sensazioni fossero causate da forme differenti di particelle in moto, un cambiamento nella forma delle particelle modificherebbe la natura della sensazione. Ma una sostanza naturalmente dolce, per esempio lo zucchero, potrebbe essere macinata fino alla completa triturazione di tutte le sue particelle, e il gusto rimarrebbe dolce, e non amaro<sup>35</sup>.

Il dibattito avrebbe potuto continuare ancora, ma senza minimamente avvicinare le posizioni degli avversari. Esso servì semplicemente a illustrare che la stessa dottrina poteva assumere aspetti diversi a seconda del differente retroterra culturale. Nella cornice aristotelica, la teoria atomica conduceva attraverso una serie di deplorabili errori, fino a sfociare in un mare di contraddizioni, mentre nell'ambito del pensiero galileiano essa apriva nuovi orizzonti, schivando la giungla delle questioni tradizionali.

## 2.2. Vecchie idee rese nuove

L'idea galileiana della scomposizione in *minima*, e finalmente in *atomi*, appare come la punta avanzata di una corrente che era venuta crescendo fin dal Medio Evo. Averroè aveva criticato l'osservazione casuale di Aristotele sulle particelle più piccole, e le successive generazioni dei suoi seguaci avevano aderito sempre più spesso alla teoria dei *minima* naturali. Agostino Nifo e Jacopo Zabarella, averroisti padovani, descrissero esaurientemente il problema e attribuirono ai *minima* una realtà autonoma e un ruolo nelle reazioni fisiche e chimiche. Andrew van Melsen vi vede un passo importante verso il formarsi della concezione scientifica moderna:

«Poiché i minima avevano acquisito una realtà più fisica, si rese necessario esaminare in che modo le proprietà dei minima potessero conciliarsi con le proprietà sensibili della sostanza. Questa necessità produsse una certa mentalità che si preoccupò non tanto della possibile divisibilità quanto delle proprietà concretamente osservabili»<sup>36</sup>.

Gli averroisti discussero il problema nella rigida cornice della fisica aristotelica e nei termini di materia e forma, ma il fatto che essi attribuissero una realtà

<sup>35</sup> *Ibidem*, pp. 488-490.

<sup>36</sup> Cfr. A. VAN MELSEN, *From Atomos to Atom*, New York 1960, p. 66. W. SUBOW accenna all'eventuale influenza dei medici padovani, che verso la fine del sedicesimo secolo cominciarono a spiegare il contagio in termini di particelle minute, *Zur Geschichte des Kampfes zwischen dem Atomismus und dem Aristotelismus in 17. Jahrhundert* («*Minima naturalia*» und «*Mixtio*») in N.A. FIGUROWSKI, et al., *Sowietische Beiträge zur Geschichte der Wissenschaft*, Berlin 1960, pp. 181-182.

effettiva ai *minima* e applicassero il concetto alla qualità contribuì a preparare il ritorno in auge dell'atomismo nel diciassettesimo secolo. Zabarella morì tre anni prima che Galileo arrivasse a Padova, ed è difficile sapere in quale misura la sua scuola possa aver influenzato il giovane professore di matematica. Galileo non lesse molto, ma partecipò attivamente alle discussioni, e in una piccola cerchia accademica ciò era sufficiente a tenere un uomo al passo con i più recenti sviluppi e con le opinioni correnti. Rimane impossibile, comunque, sapere in che modo Galileo utilizzò le sue fonti per i suoi scopi e quanto apprese direttamente dai colleghi, specialmente da quelli che non si preoccupavano di pubblicare. In ogni caso, Galileo doveva conoscere bene la teoria atomica attraverso le opere di Galeno, che aveva letto a Pisa<sup>37</sup>, e può averla discussa con l'amico Mazzoni, che ne fa menzione nei suoi *In universam Platonis et Aristotelis philosophiam praeludia*<sup>38</sup>.

Anche la distinzione fondamentale tra qualità primarie e secondarie risultava preannunciata. Gli Scolastici del Medio Evo e del Rinascimento distinguevano tra i *sensibilia propria*, cioè gli oggetti dei cinque sensi, e i *sensibilia communia*, cioè la grandezza, la forma, il numero, il moto e la quiete<sup>39</sup>. Ai *sensibilia propria*, le qualità secondarie di una terminologia più tarda, fu attribuito uno

<sup>37</sup>Il 15 novembre 1590 Galileo informò il padre che non aveva ricevuto le opere di Galeno che egli gli aveva spedito. Galileo fa riferimento a un'edizione in sette volumi. Di queste edizioni due erano state stampate a Venezia nel sedicesimo secolo, una da Valgrisi nel 1562-3 e l'altra da Giunta nel 1565. Il seguente compendio dell'atomismo democriteo, scritto da Galeno, poteva servire anche agli scopi di Galileo: «Nempe subjciunt ab his omnibus primum elementum usque, adeo esse omni penitus qualitate vacuum, ut nullam vel albedinem innatan habeat, vel nigredinem, vel aliam quempiam colorem; non dulcedinem, non amaritudinem: sed neque calorem neque frigus: et tandem ut cuiusvis alterius qualitatis sit omnino expers. Lege nempe dicebat Democritus calor est, lege amarum, lege dulce: atomus vero et vacuum vere est, ipse εἰρή dixit.

Credidit nempe ille sensibiles qualitates ex individuorum illorum corpusculorum conventu per solam ad nos quam sentimus collationem gigni: ipsa vero natura nihil esse album, aut nigrum, flavum aut rubrum, amarum aut dulce. Quippe illi lege seu νόμος ut ipse graece inquit, significabat, ex nostra nimirum existimatione, non ex ipsa rerum natura» (GALENO, *De elementis ex Hippocratis sententia*, trad. di Vittorio Trincavellio, p. 2, lettera E, in Galeni *Opera* ex octava Juntarum editione, Venezia 1609).

<sup>38</sup>Mazzoni fa riferimento, esprimendo il suo proprio consenso, a Proclo, che spiegò le sensazioni del caldo e del freddo ricorrendo agli atomi. «Proclus ergo pro defensione Platonis scribit ante quatuor elementa qualitibus activis, et passivis imbuta, posuisse parva quaedam corpuscula regularia, ut indicaret calorem, et frigus pendere ab acumine, et obtusitate angulorum, et a subtilitate, et crassitie laterum. Quodquidem (meo quidem iudicio) *magna probabilitate dicitur*. Et ante Platonem, et Pythagoram fuit etiam a Democrito et Leucippo et Epicuro creditum» (I. MAZZONI, *In Universam Platonis et Aristotelis philosophiam praeludia, sive de comparatione Platonis et Aristotelis*, Venezia 1597, p. 189; il corsivo è mio). E degno di rilievo il fatto che questo particolare tipo di atomismo viene esplicitamente considerato da Mazzoni come una difesa della dottrina di Platone.

<sup>39</sup>Cfr., per esempio, S. TOMMASO D'AQUINO, *Summa Theologiae*, I, q. 78, a. 3 ad 2m. La distinzione tra sensibili propri e comuni è già chiaramente formulata nel *De anima* di ARISTOTELE, I. II, cap. VI, 418a 8-22.

stato oggettivo in quanto colpivano i sensi in maniera diretta. Ai *sensibilia communia*, più o meno le qualità primarie, fu assegnato un ruolo epistemologico di livello inferiore, in quanto potevano raggiungere i sensi solo attraverso le qualità secondarie. Entro lo schema aristotelico, quindi, percezione significava penetrazione dei sensi da parte delle qualità reali delle cose in se stesse, una partecipazione della coscienza alla realtà oggettiva del mondo fisico. Così, i sensi non potevano ingannarsi per quanto riguardava le proprietà tattili, i colori, i gusti, i suoni, gli odori, ma potevano errare per quanto riguardava le qualità primarie “dedotte”. Per l’atomista, comunque, la percezione non era più una partecipazione indiretta alla realtà del mondo, ma un’interpretazione soggettiva della disposizione fisica degli atomi che assalivano l’apparato sensorio. La natura era composta di atomi, ma questi potevano non essere percepiti direttamente, e non si poteva sperare di dimostrarne empiricamente l’esistenza; per definizione stessa, essi erano al di sotto delle dimensioni del senso. Perché, allora, essi dovevano essere dedotti dal mondo visibile? Galileo non sollevò mai la questione proprio in questi termini, ma quando tornò per l’ultima volta al problema dell’atomismo nei suoi *Discorsi e dimostrazioni matematiche*, il suo intento fu quello di dimostrare che gli atomi erano necessari per rendere possibile il ragionamento matematico oggettivo.

### 3. I *Discorsi e dimostrazioni matematiche*

Nella Prima Giornata dei *Discorsi e dimostrazioni matematiche*, Salviati, portavoce di Galileo, suggerisce che la ripugnanza del vuoto da parte della natura fornisce un indizio per la resistenza dei materiali:

«... toccando con mano come la repugnanza al vacuo è indubitabilmente quella che non permette, se non con gran violenza, la separazione delle due lastre... non so vedere come non abbia ad aver luogo ed esser parimente cagione della coerenza delle parti minori e sino delle minime ultime delle medesime»<sup>40</sup>.

Quando un metallo viene fuso in una fornace, le particelle di fuoco lo riducono a uno stato liquido riempiendo i piccoli vuoti fraposti (i *minimi vacui*), che normalmente tengono insieme le parti del metallo. Con il raffreddamento, le particelle di fuoco si dileguano e torna la forza attrattiva, spiegando in tal modo perché il metallo ritorna al suo stato solido<sup>41</sup>.

<sup>40</sup> *Discorsi e dimostrazioni matematiche...*, in *Opere*, VIII, p. 66.

<sup>41</sup> *Ibidem*, pp. 66-67. Erone d’Alessandria, la cui opera fu nota a Galileo, insisteva sulla presenza di un vuoto discontinuo che separa le particelle di ogni materia; cfr. *Spirituali [Pneumatica]*, trad. di Alessandro Giorgi, Urbino 1592, p. 11 verso. Secondo A. FAVARO, *La libreria di Galileo Galilei descritta ed illustrata*, «Bullet. di Bibliog. d. Sc. Matem.», 19 (1886), p. 271, Galileo possedeva una copia di questa traduzione italiana. Per il significato e la diffusione dell’opera di Erone, cfr. M. BOAS, *Hero’s «Pneumatica». A Study of its Transmission and Influence*, «Isis», 40 (1949), pp. 38-48.

Questa spiegazione, che afferma l'esistenza di atomi indivisibili e di vuoti, viene criticata dall'aristotelico Simplicio. Se due punti indivisibili potessero essere uniti per formare una linea divisibile continua, allora si potrebbero congiungere tre, cinque o qualsiasi altro numero dispari di punti. Poiché la linea risultante potrebbe essere tagliata in parti eguali, potrebbe essere diviso il punto divisibile al centro, ciò che è assurdo! Salviati replica che ciò stabilisce semplicemente che il numero di punti deve essere infinito. Ne segue che essi debbono essere anche indivisibili, cioè non-estesi, perché un numero infinito di parti estese produrrebbe un corpo infinitamente grande. Viene decisamente rifiutata la dicotomia aristotelica di atto e potenza. Se può essere "attualizzato" un numero finito di parti, può egualmente essere "attualizzato" un numero infinito di punti piegando ripetutamente una linea, innanzitutto per darle la forma di un poligono con un grande numero di lati, e, infine, la forma di un cerchio, un poligono di lati infiniti. Si può tracciare, allora, una linea composta di un numero infinito di punti ruotando il cerchio su una superficie piana<sup>42</sup>.

Galileo era sicuro di aver dimostrato che la costituzione "atomica" della materia era necessaria per il ragionamento matematico oggettivo. Ma se le cose stavano così, si sarebbero resi intelligibili, alla luce della nuova teoria, anche i fenomeni fisici non ancora spiegati. La piena fiducia di Galileo nella matematica, in quanto linguaggio della natura lo rassicurava che, una volta scoperta la vera struttura matematica della materia, ciò avrebbe spianato la via a una più completa comprensione — forse a una comprensione rivoluzionaria — della natura. Il problema al quale egli applicò la sua nuova scienza era l'espansione e la contrazione di corpi che sembravano comportare, secondo teorie correnti, il paradosso di spazi vuoti estesi e la penetrabilità della materia<sup>43</sup>. Il suo modello esplicativo era di tipo matematico con illustri antenati, ma radicalmente reinterpretato e adattato a un nuovo uso. Esso era ispirato dal famoso problema delle due sfere concentriche nell'opera pseudo-aristotelica *De mechanica*, dove la difficoltà era quella di spiegare in che modo il cerchio più grande, dopo una rivoluzione, attraversasse una linea eguale alla distanza coperta da quello più piccolo. La soluzione radicale di Galileo fu la teoria atomica. Quando veniva ruotato il cerchio piccolo, il più grande descriveva una linea retta che era più corta della sua circonferenza perché il numero infinito di vuoti indivisibili in mezzo al numero infinito dei suoi atomi indivisibili teneva conto della *contrazione* della linea tracciata. Quando, invece, veniva ruotato il cerchio grande, il piccolo descriveva una linea maggiore della sua circonferenza perché gli atomi e i vuoti rendevano possibile l'*espansione*<sup>44</sup>.

<sup>42</sup>*Discorsi e dimostrazioni matematiche...*, pp. 72-81. Cfr. anche le postille di Galileo alle *Esercitazioni filosofiche* di Antonio Rocco (Venezia 1633), in *Opere*, VII, pp. 682 (postilla 45), 746.

<sup>43</sup>Scrivendo a Fulgenzio Micanzio il 19 novembre 1634, Galileo afferma di aver pensato per la prima volta a questa applicazione nel 1616 circa (*Opere*, XVI, p. 150).

<sup>44</sup>La spiegazione di Galileo fu criticata da Cartesio nella sua lettera dell'11 ottobre 1638 a Marin Mersenne. Si tratta di un caso interessante in cui la soluzione di un problema che

Anche se Galileo proponeva la sua spiegazione come un'ipotesi audace, nella sua mente non c'era alcun dubbio che essa fosse corretta. Le grandi espansioni di materia che potevano essere osservate confermavano la probabilità di contrazioni egualmente sorprendenti. Per esempio, l'espansione della polvere da sparo in calore e luce indicava la possibilità che questi elementi, a loro volta, potessero essere condensati. Perché, anche la terra, a giudizio di Galileo, poteva essere ridotta, forse, alla grandezza di una noce!<sup>45</sup> La precedente ipotesi che considerava la luce e il calore come gli ultimi elementi costitutivi della materia fu abbandonata nei *Discorsi e dimostrazioni matematiche*, e sebbene Galileo rimanesse convinto che la materia potesse risolversi, in definitiva, in una specie di atomi indivisibili, egli fu vago circa la loro natura<sup>46</sup>. Si arrischiò a dire, al massimo, che gli atomi formavano un fluido simile all'acqua, che, a quanto risulta ripetutamente e risolutamente affermato dal *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua* fino ai *Discorsi e dimostrazioni matematiche*, è già dissolta in atomi indivisibili.

L'ipotesi atomica fu introdotta da Galileo come l'unica congettura apparentemente coerente con la negazione che la forma del corpo o la resistenza del mezzo svolgano un ruolo nel galleggiamento o nell'affondamento dei corpi. Sotto la pressione della critica, egli fu costretto a collegare il suo concetto recentemente acquisito di atomo con due importanti problemi della filosofia: la natura della percezione delle qualità secondarie e la posizione epistemologica delle entità matematiche. Malgrado certe serie difficoltà, la sua profonda convinzione che il linguaggio della natura fosse matematicamente chiaro ed esteticamente piacevole gli tornò assai utile. Compito del filosofo, come egli lo vedeva, era quello di penetrare oltre le apparenze superficiali delle cose, così come esse si presentano ai nostri sensi, per studiare le forme e i moti degli elementi costitutivi dell'universo fisico. Una spiegazione veramente scientifica del comportamento delle cose deve fare riferimento a proprietà matematicamente analizzabili quali sono le forme e i movimenti. Certe caratteristiche come il colore e il calore non troverebbero posto nella teoria scientifica: esse non sarebbero se non un prodotto secondario dell'interazione tra i nostri organi sensoriali e i corpuscoli del mondo esterno. Tuttavia, l'esistenza di un numero infinito di atomi indivisibili sembrerebbe

---

può apparire puramente matematico è strettamente connessa con i diversi modi di concepire la natura della materia. Per Cartesio la materia era essenzialmente estensione. Ne seguiva che doveva essere esclusa l'esistenza del vuoto e degli atomi (*Opere*, XVII, p. 388). Una critica molto più pertinente al ragionamento di Galileo fu quella rivolta da Antonio de Ville, che risolse il problema dei due cerchi concentrici considerando il moto del cerchio più piccolo come il risultato congiunto di due moti nella stessa direzione, cioè *a*) la rotazione del cerchio piccolo su se stesso, e *b*) il moto di traslazione trasmesso ad esso dal cerchio grande (lettera a Galileo del 3 marzo 1635, *Opere*, XVI, pp. 225-227).

<sup>45</sup> *Discorsi e dimostrazioni matematiche...*, p. 96. Sullo stesso tema avrebbe svolto più tardi le sue considerazioni anche Newton. Cfr. A. THACKRAY, *Matter in a Nut-Shell: Newton «Opticks» and Eighteenth-Century Chemistry*, «Ambix», XV (1968), pp. 29-53.

<sup>46</sup> *Discorsi e dimostrazioni matematiche...*, pp. 93-96.

costituire una minaccia per la stessa possibilità di divisione matematica, e Galileo fu inizialmente incline a negare che gli atomi fossero intrinsecamente indivisibili. Egli si accorse subito, comunque, che ciò era indispensabile se si doveva abbandonare senza alcuna esitazione la tesi aristotelica, e, anche se ciò che egli proponeva non aveva carattere sperimentale, sentiva che era almeno superiore alle teorie fallimentari dei suoi avversari.

Il mondo galileiano, così, diventa una congerie di entità separate. In che modo le parti si debbono adattare le une alle altre? L'adozione dell'ipotesi atomica rende indispensabile un altro passo: concepire la mente come uno strumento per selezionare i singoli impulsi. Galileo non compì questo passo né sembra che egli sia stato consapevole della sua inevitabilità. La distinzione da lui effettuata aprì tutto un mondo di nuovi problemi: Qual è la differenza tra l'esperienza interiore e il mondo esterno? Qual è la relazione tra il soggetto e l'oggetto? Come possiamo essere sicuri dei dati sensoriali? Qual è la distinzione tra la realtà individuale e la verità pubblica? Il fatto che i filosofi siano ancora oggi alle prese con questi problemi offre una misura della capacità rivoluzionaria e generativa del ritorno in auge dell'atomismo nel diciassettesimo secolo. Ed è anche un tributo all'audacia di Galileo.

\* \* \*

**Abstract:** *Galileo worked mainly on the proof of the Copernican hypothesis in astronomy and on the determination of the laws of naturally accelerated motion in mechanics. His interest in the constitution matter was a relatively late development, and is related to his study of the properties of floating bodies after his return to Florence from Padua in 1610. He returned to the question a second time when he debated the nature of comets in 1616 and, again, in his last and most important work, the Two New Sciences, when he explored the mathematical foundation of the atomic theory of matter. This article examines these three phases in the development of Galileo's ideas about the nature and the role of atoms.*