

## La evolución del atomismo en Galileo

**Jesús Ruiz Felipe.** Centro de Profesores de Albacete. Avda. de España 14 02002 Albacete (Spain)

**Abstract:** Las posiciones de Galileo sobre la naturaleza corpuscular de la materia van variando desde un atomismo mecanicista de átomos con extensión, indivisibles, al atomismo matemático de los Discorsi de átomos non quanti. El paso intermedio está en Il Saggiatore donde la luz está formada por átomos sin extensión aunque con una *difusión instantánea*. Con la materia compuesta de átomos non quanti, y con los sólidos formando un continuo con vacíos infinitesimales entre las partículas, Galileo pretendía ser más coherente con los problemas de condensación, rarefacción y la penetrabilidad de la luz y calor en los cuerpos sólidos. En este artículo se pretende analizar este cambio de posiciones a través de la obra<sup>1</sup> de Galileo.

Palabras clave: Galileo, átomo, indivisibles, mínimos, quanti.

La primera referencia formal al término átomo se produce en el Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono (Opere, IV, 129 y siguientes) en el año 1611.

*L'istanza, dunque, di Aristotile contro a Demócrito, mentre dice che, se gli atomi ignei ascendenti sostenessero i corpi gravi ma di figura larga, ciò dovrebbe avvenire maggiormente nell'aria che nell'acqua, perché tali corpuscoli più velocemente si muovono in quella che in questa, non è buona; anzi dee appunto accader l'opposito, perché più lentamente ascendono per l'aria: e, oltre al muoversi lentamente, non vanno uniti insieme, come nell'acqua, ma si discontinuano e, come diciamo noi, si sparpagliano; e però, come ben risponde Demócrito risolvendo l'istanza, non vanno a urtare e fare impeto unitamente. (...)*

*Ma non però voglio io affermare che Demócrito abbia rettamente filosofato, anzipure dirò io che c'è esperienza manifesta che distrugge la sua ragione: e questa è che, s'e' fossevero che atomi caldi ascendenti nell'acqua sostenessero un corpo*

Para Demócrito los atomi ignei que hay en el agua ascienden arrastrando a los cuerpos hundidos que por tanto flotarían. Aristóteles critica esta explicación. Para Galileo, aunque estos atomi ignei existen, no son capaces de sostener un cuerpo pesado. Galileo

---

<sup>1</sup> Las obras de Galileo se refieren a la edición de Antonio Favaro (Opere, volumen, página).

interpreta la flotación basándose en principios arquimedianos y tampoco en función, como sostenía la doctrina de Aristóteles, de la forma del objeto inmerso en el fluido. Galileo confronta el atomismo de Demócrito, (el calor como partículas de fuego) con sus ideas hidrostáticas. A partir de entonces, Galileo basa su Física (fenómenos, sensaciones fisiológicas, percepciones) en una estructura atómica de la materia compuesta por corpúsculos indivisibles, aunque las propiedades de estos átomos irán moldeándose con el tiempo, transitando de unos átomos con extensión indivisibles a unos átomos non quanti más acordes al modelo corpuscular que sostenía de la luz en esa época.

(Opere, IV, 65): Dico dunque che, trovandomi la state passata in conversazione di letterati, fu detto nel ragionamento, il condensare esser proprietà del freddo, e fu addotto l'esempio del ghiaccio. Allora io dissi che avrei creduto più tosto il ghiaccio esser acqua rarefatta, che condensata; poi che la condensazione partorisce diminuzion di mole e aumento di gravità, e la rarefazione maggior leggerezza e aumento di mole, e l'acqua nel ghiacciarsi cresce di mole, e l' ghiaccio già fatto è più leggier dell'acqua, standovi a galla.

El motivo de la flotación o hundimiento de un cuerpo es la gravedad específica del cuerpo con respecto a la del fluido. Y esta variación del peso específico (como en el caso del hielo) es debido a su condensación y rarefacción que modifican el volumen de la sustancia. La influencia de Arquímedes es constante y a él se encomienda a lo largo de su obra.

En el *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua* no se menciona la indivisibilidad, ni extensión de los átomos, pero si aparece explícitamente el vocablo átomo. Sin mayores consideraciones al respecto, es posible que se atuviera al concepto clásico del término.

(Opere, IV, 129): Passa poi al confutar Democrito, il qual, per sua testimonianza, voleva che alcuni **atomi ignei**, li quali continuamente ascendono per l'acqua, spignessero in su e sostenessero quei corpi gravi che fossero molto larghi, e che gli stretti scendessero al basso, perché poca quantità de' detti **atomi** contrasta loro e repugna. Confuta, dico, Aristotile questa posizione...

Las primeras interpretaciones sobre la naturaleza corpuscular las encontramos en un escrito de Castelli (Opere, IV, 281) en 1612 donde Galileo sostenía en esa época que los átomos no es que sean quanti, sino que siendo corpúsculos mínimos, no hay otros más pequeños en que puedan ser divididos.

[21] potrebbe dir Messer Giorgio, esser mescolata con terra ed aria,  
30 e non con fuoco<sup>(1)</sup>.

[22] ha detto ben 100 volte (benchè falsamente)

[23] nè sa che gli atomi son così detti, non perchè siano non quanti,  
ma perchè, sendo i minimi corpuscoli, non se ne danno altri minori  
da i quali possino esser divisi.

4, 8, 23. siano — 7. essendo leggieri in comparazione del piombo, non può — 9, 10. veggono — 16. salendo  
— 25. Messer Giorgio, soppresso — avvertito —

33. sendi i minimi —

(1) Queste parole si leggono sul margine del manoscritto, di fronte alle lin. 12-14, che sono state quindi cancellate. Ed altresì la postilla di GALILEO è stata poi cancellata.

IV.

36

Galileo sostenía unos átomos con magnitud aunque indivisibles ya que no existen partículas más pequeñas. En una nota del mismo año (Opere, IV, 195) explica mediante su teoría atómica cómo el fuego está diseminado por el agua en pequeñísimos átomos, explicando la ebullición cuando estos átomos se multiplican y mueven a gran velocidad y comparándolos con los átomos de tierra que producen el fango:

10 Nota. Il fuoco, mentre è in piccolissimi atomi disseminato per l'acqua, lentamente sale in quella; come anco la arena impalpabile lentamente vi scende: ma quando, per la gran moltiplicazione, moltissimi atomi si congiungono, vien con velocità grande e fa il bollore; come anco, attaccandosi insieme innumerabili atomi di terra, si fa la belletta o fango, che velocemente cala nell'acqua. Non però resta di

Es muy significativa la respuesta de Galileo a Di Grazia (Opere, IV, 733) en cuanto a las objeciones propuestas por este, y a la distinción que sugiere entre atomismo físico y atomismo geométrico, amparándose siempre en los razonamientos de Aristóteles.

Galileo expone su punto de vista del atomismo en esa época (1615). Punto de vista no sostenido en los Discorsi (1638). Di Grazia no admitía una línea continua compuesta de puntos. Para Galileo no es que a las matemáticas les repugne una línea compuesta de puntos sino que los cuerpos con cuantía impiden comparar el atomismo físico y el geométrico.

*ragioni d'Aristotile, alle quali il Sig. Galileo dovea rispondere. Non vedete voi, Sig. Grazia, la nullità della vostra conseguenza, e una quasi vostra contradizione? qual cagione avete voi di dire che non sapete trovare quali sieno gli aculei sottilissimi del fuoco, se già il Sig. Galileo non volesse che le cose si componessero d'atomi e di indivisibili? Gli aghi, Sig. Grazia, son corpi quanti, e però son aghi; ed essendo tali, non hanno che far niente nel suscitare quistione se la composizione delle linee o di altri continui sia di indivisibili. Dove poi avete voi trovato che repugni alle matematiche il compor le linee di punti? e appresso quali matematici avete voi veduta disputata simil quistione? Questa non avete voi sicuramente veduta, nè quello repugna alle matematiche.*

En su obra *Il Saggiatore* de 1623, afirma que las cualidades sensibles no son una realidad objetiva, sino que son tan sólo el efecto de los átomos en los órganos sensoriales. Los colores, el gusto, los olores...son estímulos engendrado en los seres vivos, no son distintivos de la materia. Forma, movimiento y posición configuran las propiedades físicas de los *objetos materiales*.

(Opere, VI, 347-348): *Tan pronto como pienso en un objeto material o una sustancia corpórea, siento inmediatamente la necesidad de concebir que está limitado y tiene esta o aquella forma, que es grande o pequeño en comparación con otros, que está en este o aquel lugar en un momento dado, que se mueve o permanece quieto, que toca o no a otro cuerpo, y que es uno, pocos, o muchos. No puedo separarlo de estas condiciones mediante ningún esfuerzo de mi imaginación. Pero mi mente no siente ninguna obligación para entender como acompañamientos necesarios que deba ser blanco o rojo, dulce o amargo, ruidoso o silencioso, de buen o mal olor. De hecho, sin los sentidos para guiarnos, la razón o la imaginación solas quizás nunca llegarían a tales calidades. Pienso que el gusto, los olores, los colores y cosas similares no son más que nombres en cuanto se refiere al sujeto en el que parecen residir, y que existen solamente en el cuerpo que los percibe. Así, si se quitaran todas las criaturas vivientes, todas estas calidades también serían quitadas y aniquiladas.*

La comparación con la teoría de Demócrito es inevitable. Según Demócrito, todos los cuerpos están formados de partículas invisibles, indivisibles e indestructibles de materia pura que se desplazan en un infinito espacio vacío. Aunque los átomos estén hechos de la misma materia, se diferencian por su forma geométrica y por su cantidad, las distinciones cualitativas que perciben los sentidos son la consecuencia no de las propiedades inherentes a los átomos, sino de su disposición. *Leucipo y Demócrito dicen que las cosas están constituidas por cuerpos invisibles que son infinitos en números y en forma,*

*distinguiéndose unas de otras por elementos que las componen, así como por su disposición y orden.* (Aristóteles, De Gen Et Corrup, I, 2, 315b)

Para Galileo esta tesis no está tan clara, y no explícita nunca este punto. Por ejemplo en la nota que deja escrita en una carta de Baliani de 1619 (Opere, VI, 475) plantea que los mínimos en los que se disuelve la cera sean diferentes a los mínimos en que se disuelve el hierro: *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 dissolvino in parti sottilissime, acute e mobili, cioè atte a penetrar per i nostri pori.* Galileo está más preocupado de la cuestión fisiológica que de la física.

*Demócrito refuta en ocasiones las apariencias sensibles y dice que nada en ellas se muestra conforme a la verdad sino sólo conforme a la opinión y que la verdad de las cosas radica en que ellas sean átomos y vacío. Lo dulce y lo amargo son el resultado de interpretaciones y disposiciones, lo caliente y lo frío son el resultado de interpretaciones, así como también el color. Por el contrario, en realidad no son más que átomos y vacío* (Sexto Empírico, Adversus Matemáticos, VII, 135)

Es significativo que este acercamiento a las ideas de Demócrito trajo a Galileo problemas muy graves. Tres años después en 1626 el jesuita Orazio Grassi insinúa por escrito que este análisis de las cualidades sensibles contradecía la doctrina de el Sacramento de la Eucaristía formulado en la noción de transustanciación, es decir, que tras la consagración, el pan y del vino se convierten en el cuerpo y la sangre del Señor. El pan y el vino mantienen sus propiedades secundarias en su aspecto, que se conserva por mediación del Todopoderoso. Si estas características fuesen inducidas por los hombres no sería necesaria la intervención Divina.

Hay que tener en cuenta que Galileo nunca fue un progresista en la problemática del vacío, y aunque admitió su existencia, estuvo ligado al horror vacui y a la fuerza del vacío como causa de cohesión de los cuerpos sólidos. Esta concepción influyó en su visión corpuscular de la Naturaleza. Además Galileo no pudo moldear sus ideas corpusculares en función de una oposición a Aristóteles sino que un científico de su talla, tuvo que justificarse en principios, hechos y observaciones físicos y no sólo en una física especulativa.

Sus argumentos físicos se sustentaban en observaciones y teorías acerca de: los estados de agregación de la materia -la diferencia en la cohesión de sólidos y fluidos), los cambios de estado (la fusión mediante partículas de fuego que rompen la continuidad de los

sólidos relleno los intersticios entre partículas indivisibles y venciendo la resistencia del vacío (Discorsi) y la ebullición mediante partículas de fuego que se multiplican-, la condensación y la rarefacción, las observaciones telescópicas en astros que irradian luz (sol) y cuerpos que la reflejan (la luna y otros satélites, Venus y otros planetas) que moldearon su percepción de la luz, el fuego y el calor y cuestionaron la velocidad finita o instantánea de la luz, y la transmisión del calor.

Por otra parte la evolución de este atomismo mecanicista hacia el geométrico defendido en los Discorsi se va vislumbrando entre otros argumentos en sus concepciones sobre el fuego y la luz (su velocidad infinita o finita).

La propagación térmica se entiende como una razón de átomos mecánicos. Aunque nunca diferenció los mecanismos de esa propagación. Se refirió a la radiación del sol con átomos de velocidad finita frente a la radiación luminosa del sol de difusión instantánea en su carta a Dini, a la ebullición y convección con átomos de fuego en el Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono, y en general a la conducción en la penetrabilidad del calor en los sólidos. Siempre en términos corpusculares.

Como explica en Il Saggiatore, los mínimos de fuego a gran velocidad penetran en las sustancias hasta dividirlos. La luz es *atomi realmente indivisibili, de máxima rarefacción y diffusione instantanea*. Al especular sobre una velocidad infinita Galileo da a entender que las partículas de luz pierden su extensión, y por tanto su difusión es inmediata. Se establece además una diferencia entre luz y fuego que se refleja en sus distintas velocidades, velocísima e instantánea. Discrepancias pues, establecidas en Il Saggiatore: fuego o calor son magnitudes extensas que se mueven a velocidad finita, frente a la sutilísima luz inextensa e instantánea. Más tarde, en los Discorsi, los átomos de cualquier cuerpo carecen todos de extensión, pero en cambio (y en compensación por coherencia) la luz pierde su carácter instantáneo y Galileo se propone infructuosamente medir su velocidad.

(Ensayador, Opere, VI, 351-352): E tornando al primo mio proposito in questo luogo, avendo già veduto come molte affezioni, che sono reputate qualità risedenti ne' soggetti esterni, non ànno veramente altra essistenza che in noi, e fuor di noi non sono altro che nomi, dico che inclino assai a credere che il calore sia di questo genere, e che quelle materie che in noi producono e fanno sentire il caldo, le quali noi chiamiamo con nome generale fuoco, siano una moltitudine di **corpicelli minimi**, in tal e tal modo figurati, mossi con tanta e tanta velocità; li quali, incontrando il nostro corpo, lo penetrino con la lor somma sottilità, e che il lor tocco, fatto nel lor passaggio per la nostra sostanza e sentito da noi, sia l'affezione che noi chiamiamo caldo, grato o molesto secondo la moltitudine e velocità minore o maggiore d'essi minimi che ci vanno pun-

gendo e penetrando, sì che grata sia quella penetrazione per la quale si agevola la nostra necessaria insensibil traspirazione, molesta quella per la quale si fa troppo gran divisione e risoluzione nella nostra sostanza: sì che in somma l'operazion del fuoco per la parte sua non sia altro che, movendosi, penetrare colla sua massima sottilità tutti i corpi, dissolvendogli più presto o più tardi secondo la moltitudine e velocità degl'ignicoli e la densità o rarità della materia d'essi corpi; de' quali corpi molti ve ne sono de' quali, nel lor disfacimento, la maggior parte trapassa in altri **minimi ignei**, e va seguitando la risoluzione fin che incontra materie risolubili. Ma che oltre alla figura, moltitudine, moto, penetrazione e tocco, sia nel fuoco altra qualità, e che questa sia caldo, io non lo credo altrimenti; e stimo che questo sia talmente nostro, che, rimosso il corpo animato e sensitivo, il calore non resti altro che un semplice vocabolo. Ed essendo che questa affezione si produce in noi nel passaggio e tocco de' **minimi ignei** per la nostra sostanza, è manifesto che quando quelli stessero fermi, la loro operazion resterebbe nulla: e così veggiamo una quantità di fuoco, ritenuto nelle porosità ed anfratti di un sasso calcinato, non ci riscaldare, ben che lo teghiamo in mano, perch'ei resta in quiete; ma messo il sasso nell'acqua, dov'egli per la di lei gravità ha maggior propensione di muoversi che non aveva nell'aria, ed aperti di più i meati dall'acqua, il che non faceva l'aria, scappando i **minimi ignei** ed incontrando la nostra mano, la penetrano, e noi sentiamo il caldo. Perché, dunque, ad eccitare il caldo non basta la presenza de gl'ignicoli, ma ci vuol il lor movimento ancora, quindi pare a me che non fusse se non con gran ragione detto, il moto esser causa di calore. Questo è quel movimento per lo quale s'abbruciano le frecce e gli altri legni e si liquefà il piombo e gli altri metalli, mentre i **minimi del fuoco**, mossi o per se stessi con velocità, o, non bastando la propria forza, cacciati da impetuoso vento de' mantici, penetrano tutti i corpi, e di quelli alcuni risolvono in altri **minimi ignei** volanti, altri in minutissima polvere, ed altri liquefanno e rendono fluidi come acqua. Ma presa questa proposizione nel sentimento commune, sì che mossa una pietra, o un ferro, o legno, ei s'abbia a riscaldare, l'ho ben per una solenne vanità. Ora, la confricazione e stropicciamento di due corpi duri, o col risolverne parte in **minimi sottilissimi** e volanti, o coll'aprir l'uscita a gl'ignicoli contenuti, gli riduce finalmente in moto, nel quale incontrando i nostri corpi e per essi penetrando e scorrendo, e sentendo l'anima sensitiva nel lor passaggio i tocamenti, sente quell'affezione grata o molesta, che noi poi abbiamo nominata caldo, bruciore o scottamento. E forse mentre l'assottigliamento e attrizione resta e si contiene dentro a i **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 istantanea**, 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

Galileo no esgrime tan libremente la palabra átomo sino que la sustituye por *minimi del fuoco, minimi ignei, minimi sottilissimi*, partículas con extensión y movimiento finito, pero sin adentrarse en su indivisibilidad. La propagación del calor y sus consecuencias fisiológicas se realiza en términos de partículas mínimas con extensión, aunque no explícitamente átomos. Este término queda reservado a la luz, atomi realmente *indivisibili, si crea la luce, di moto o vogliamo dire espansione e diffusione istantanea*.

Leucipo y Demócrito defendieron la existencia de un número infinito de constituyentes indivisibles. Estos átomos son tan pequeños que son imperceptibles, pero poseen dimensiones y formas desiguales. Además, estas partículas se desplazan constantemente y

colisionan en el vacío. Del modo e intensidad de estos encuentros nacieron los cuatro elementos fundamentales -agua, aire, tierra y fuego- que originan el resto.

Para Galileo, el fuego no se ajusta bien a la idea clásica de elemento. El fuego además emite luz. En una carta de Baliani a Galileo del 8 agosto 1619, Galileo en una nota al margen, expresa sus dudas acerca del fuego como elemento clásico. Mientras tierra, aire y agua se identifican con sólido, líquido y gaseoso, en un modelo corpuscular bastante parecido a la teoría **cinética**, el fuego no se puede catalogar como estado de agregación o elemento básico.

(Opere, VI, 475): Tengo dunque per cosa certissima, che non dalla velocità del moto, ma dallo stroppciamento di due corpi insieme se ne produca il calore. È ben il vero ch'io non ho ben potuto capire la sua opinione, posta a fog. 13(1006), come si senta il caldo; nè posso intendere in che modo quelle sottilissime parti del corpo sminuzzato, penetrando nella nostra carne, si facciano sentire soavemente se sono tarde, con dolore se violenti; perchè vediamo pure, oltre il dolore che produce in noi sì fatta dissolutione de parti, produce anche nel corpo che si dissolve quella cosa che dimandiamo fuoco, sia ella sostanza o accidente: del che bisognarebbe pure addurne la cagione, e dimostrare in che modo la detta dissolutione vien prodotta. Et è da notare che se i legni, la cera e l'oli scaldando si consumano, si dissolvono in vapori, cioè a dire in parti molto diverse da quelle ne' quali è da credere che V. S. presupponga che si dissolvano i ferramenti et altri corpi duri con il fregarsi insieme.

**Nota de Galileo:** Noi haviamo 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 **perchè 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 dissolvino in parti sottilissime, acute e mobili**, cioè atte a penetrar per i nostri pori

Io non mancherò di dire d'havere sempre stimato che la sensatione del caldo e del freddo si faccia, perchè per esso gli spirti animali, immediato stromento di qualonche sensatione, a guisa di tutti gli altri corpi fluidi si rarefacciano o condensino; e che dal fregamento di due corpi si generi caldo,

Mientras, Baliani expresa sus dudas sobre el modo fisiológico en que el calor penetra en nuestros cuerpos.

Lo cierto es que si se remplace la fuerza del vacío como causa de cohesión por una fuerza o energía reticular, la concepción sobre los estados de la materia se asemeja bas-



tante a una teoría moderna y correcta. Los sólidos forman un continuo reticular, los fluidos están formados por partículas más disgregadas y libres (carecen de esa fuerza del vacío que las cohesionan). (Opere, VI, 107): *dunque, per vera e indubitata conclusione, che l'acqua non ha renitenza alcuna alla semplice divisione*. Los líquidos no presentan resistencia alguna a la división.

Y aún quedaría un estado más sutil, una sustancia más sutilísima: la luz. O quizá la luz, dentro de lo especulativo fuese el elemento primario del que mediante condensaciones complejísimas y lentas se fueran formando las cosas más densas y tupidas (Discorsi, Opere, VIII, 104). Pero esta aparente elucubración estaba cimentada (entre otros estudios) en observaciones astronómicas. Observaciones que determinabas por ejemplo que algunos cuerpos celestes no emitían sino reflejaban la luz y que influyeron acerca de su concepción de la naturaleza de la luz, expresada en su carta a Pietro Dini (1615) en la que mantiene equilibrios entre argumentaciones físicas y teológicas. Luz y calor irradia el sol, aunque sólo el calor penetra en los cuerpos densos, mientras la luz encuentra pocos cuerpos transparentes.

Galileo anduvo también influido por las observaciones de Castelli remitidas en una carta de mayo de 1612 (Opere, XI, 295) sobre el cambio de color producido en la combustión de un trozo de papel:

[674-675]

8 — 12 MAGGIO 1612.

295

solo è necessario che queste macchie sieno nel corpo solare, ma che io non posso  
20 pensare altrimenti. Per dichiararmi meglio, piglio il lume che si fa dalla carta  
bianca accesa dal fuoco: chiaro è che a quella lucidezza precede una negrezza  
o dirò oscurità del pabulo di quella luce, quale, a puoco a puoco passando per  
l'azzurro e poi al rosso, finalmente diventa luce; e questo accidente è comunis-  
simo a tutti que' corpi che spandono per sè stessi luce. Se dunque dal sole si  
spande luce, non è meraviglia se si fa il passaggio dal nero et oscuro, et appa-  
rischino quelle macchie. Aggiungo (e conforme alle mie suppositioni della luce),  
che non essendo altro corpo lucido, che un corpo che vibra di continuo e sca-  
glia corpuscoli velocissimi, ed essendo il sole lucido, e conseguentemente scaet-  
tando di continuo corpuscoli velocissimamente, e non potendo e' corpi principiare  
30 a partirsi con somma velocità, non mi faranno al sicuro quella apparenza che  
io chiamo luce, mentre con tardità si movono: saranno dunque le macchie di  
necessità nel sole, che è quello che noi vediamo. E così meraviglia sarà appresso

Estas reflexiones indujeron a redactar la célebre carta a monseñor Pietro Dinidel 23 de

rior a todos, y sometiéndome a la opinión de todos los entendidos, diré que me parece que en la naturaleza se encuentra una substancia sutilísima, muy tenue y velocísima que, difundiendo por el universo, penetra por todas partes sin oposición, calienta, vivifica y fecunda a todas las criaturas vivientes; y de este espíritu parece que los sentidos mismos nos demuestran que el cuerpo del Sol es el principal irradiador, del cual propagándose una inmensa luz por el universo, acompañado por tal espíritu calorífico y penetrando por todos los cuerpos vegetales, les da vida y les fecunda. Esto permite razonablemente suponer que existe algo más además de la luz, pues penetra y se difunde por todas las substancias corpóreas, aunque sean muy densas, por muchas de las cuales no penetra la luz. De modo que, así como de nuestro fuego vemos y sentimos que sale luz y calor, y que éste penetra por todos los cuerpos, aunque sean opacos y solidísimos, y aquella encuentra oposición en los cuerpos sólidos y opacos, así la emanación del sol es luminosa y calorífica, y la parte calorífica es la más penetrante. Que después el cuerpo solar sea, como he dicho, un irradiador y, por así decir, una especie de almacenamiento de este espíritu y de esta luz que los recibe *ab extra*, más bien que un principio y fuente primaria de la cual originariamente se deri-

Marzo de 1615, (Opere, V, 301-302).

A Galileo le faltó intuición para sospechar que luz y calor solar eran en realidad de la misma naturaleza (radiación electromagnética de distinta frecuencia), cuya diferencia radica en la penetrabilidad en los cuerpos (la interacción con la

materia), como Galileo señala al pensar que hay muchos más cuerpos opacos a la luz que al calor, pero no en la velocidad de propagación. No obstante, ¿Qué hay acaso más sutil que un fotón, cuya masa en reposo es nula?

Uno de los problemas que encontraba Galileo a su teoría atómica es que no se ajustaba la condensación con átomos que formaban una materia impenetrable. Mientras, la rarefacción amenaza con crear espacios vacíos entre los constituyentes elementales.

Galileo en una misiva a Fulgenzio Micanzio (Opere XVI, 162) 19 noviembre 1634 expresa sus dudas:

et a me è parso poi sempre ammirando come per modo stupendo di operar della natura, secondo il qual modo (e credo in nessun altro) si possa distrarre e rarefare una sustanza in immenso senza ammettere in essa veruno spazio vacuo, et all' incontro in immenso condensarla senza alcuna penetrazione di corpi: pensiero, credami, assai peregrino, il quale insieme con moltissime altre novità spero che ella vedrà sparse nelle opere che mi restano da mandar fuori, le quali penso di ridurre al netto in questa vernata per mandarle poi alla P. V., acciò ne faccia il suo volere

Cuando escribió en *Il Saggiatore*: *Come poi si possano rarefare i corpi senza alcuna separation di parti, e come cammini questo negozio della rarefazione e condensazione, del quale mi par che con molta confidenza parli il Sarsi, l'averei ben volentieri veduto più distintamente dichiarato, essendo, appresso di me, una delle più recondite e difficili questioni della natura.* (Opere, VI, 331) daba a entender que este punto no estaba re-

suelto, y no lo estaría hasta introducir los mínimos e inextensos espacios vacíos entre los átomos de los Discorsi. Cómo conciliar la condensación en cuerpos densos compuestos por partículas extensas sin violar el principio de impenetrabilidad.

La correspondencia con el padre Micanzio fue muy prolija, en ella solía aparecer la temática de la condensación y rarefacción. En la misiva de Fulgenzio Micanzio a Galileo de 17 Febrero 1635 aparecen las cuestiones acerca de los indivisibles y sus paradojas que se desarrollarían en los Discorsi (Opere, VIII, 74):

(Opere, VI, 214): *Dubbita anco nel moto dei poligoni con tanti vacui; ma non havemo havuto tempo che mi resolvesse la dimostrazione. A me pare tanto viva la dimostrazione trasportata dai poligoni alli circoli, che sto fermo nel detto del S.r Sagredo; che per la rarefattione e condensatione, so certo non essere stata detta sin hora cosa che vaglia al pari di queste. Mi sono meravigliato che 'l S.r Argoli non habbi fatto molta riflessione sopra la proposta, che due superficie uguali vadano diminuendosi sempre ugualmente, et una termini in linea, l'altra in punto, sì che il punto sia uguale alla linea; il che mi ha stordito, e non essendo bene capace della dimostrazione, so che V. S. non lo direbbe se non fosse dimostrato e senza paralogismi.*

En los Discorsi, Galileo desarrolla una teoría que aparentemente soluciona estos problemas:

(Opere, VIII, 80) Admitiendo que la línea, como toda magnitud continua, sea divisible en partes siempre divisibles, no veo cómo pueda dejar de reconocer que está compuesta de de infinitos indivisibles, ya que una división y una subdivisión que se pueda proseguir siempre supone que las partes sean infinitas, pues de otro modo la subdivisión tendría un límite. Que las partes sean infinitas trae como consecuencia que no son extensas (quante) ya que infinitas partes extensas forman una extensión infinita. Así pues, llegamos a la conclusión de que las magnitudes continuas están compuestas de infinitos indivisibles.

Galileo recoge la idea aristotélica de una indivisibilidad indefinida. Las parte divididas son infinitas o la división se acabaría, pero a la vez han de ser inextensas, sino formarían todas juntas una dimensión infinita. Son inextensas y por tanto indivisibles.

Para Galileo todas las magnitudes físicas están compuestas de infinitos indivisibles inextensas (no quanti). Infinitos puntos en una línea e infinitos átomos en la materia. Los indivisibles además de los componentes de los cuerpos, también componen las figuras geométricas.

A partir de esta premisa Galileo (Opere, VIII, 86) propone que los sólidos y los líquidos están constituidos de átomos inextensos y la diferencia entre estos estados de agregación estriba en los vacíos diseminados que incrementan la cohesión de los sólidos.

La relación epistolar de Galileo con Battista Baliani en el crepúsculo de su vida fue muy ilustrativa (Opere, XVIII, 75) Galileo a Gio. Battista Baliani, 1º agosto 1639.

Che V. S. Illustrissima, benchè approvi quelle sottigliezze che io arredo, in proposito di quei vacui disseminati, per la esplicatione della condensatione e rarefatione senza la necessit  di introdurre la penetracione dei corpi o gli spatii quanti vacui, soggiunga poi di non restare intieramente appagato, io non me ne maraviglio, dovendo noi con l'intelletto fare una mescolanza di infiniti e di indivisibili, quelli per la troppa grandezza, e questi per la piccolezza, soverchiamente sproportionati all'intelletto nostro, terminato e finito: e bene a me sarebbe carissimo il sentire qualche sua contemplatione in proposito di questi due effetti, che sono sicuro che sentirei concetti molto pi  rationabili di quelli che sono stati sin qui arrecati da gl'altri filosofi.

Galileo a Gio. Battista Baliani 1º setiembre 1639. (Opere, XVIII, 93)

Quanto a quello che ella mi dice della opinione sua circa alla condensazione e rarefazione, cio  che ammette la penetrazione dei corpi l'uno con l'altro, gi  ho io scritto (come ella pu  vedere) che chiunque tale operazione volesse ammettere, io gli concedo quanto li piace, non havendo io hauto intenzione di scrivere quanto in tal proposito ho scritto se non in grazia di quelli che negano la penetrazione e gli spazii vacui potersi dare in natura.

Galileo se ratifica acerca de su teor a de átomos inextensos con vacíos diseminados que solucionan el problema de la condensación y la penetrabilidad de los cuerpos.

La publicación de los Discorsi tuvo una influencia moderada en Europa, no obstante no circul  desapercibida.

Bonaventura Cavalieri a Galileo 16 agosto 1639.

E veramente ella ne ha dato tal saggio in tutte le sue opere, e massime in questa ultima, che spalancando le porte alla maraviglia di tutto il mondo, ha posto quei confini all'immenso oceano delle scienze naturali, oltre ai quali non sar  lecito senz'altro, per grande ingegno che sia, a trapassare. Poich  chi potr  mai con pi  sodezza discorrere del vacuo, dell'infinito, del continuo, della rarefazione e condensatione, della gravit , del moto, e di cento altre mille cose belle che sono nel suo libro, pi  di lei? Io li diedi una scorsa superficiale, poi mi sono riapplicato per vederlo tutto con attentione, e fra l'altre cose il pensiero della rarefazione e condensatione mi   parso bellissimo; come anco ho havuto estremo gusto nel sentire cos  chiaramente spiegata la ragione della consonanza e dissonanza nella musica, non havendo per anco potuto passare la prima Giornata;

Otros ilustres intelectuales se adherían a la teoría de los indivisibles, aún cuando las opiniones incluidas en los Discorsi acerca del vacío comenzaban a ser obsoletas en la nueva generación de científicos.

En esencia, Galileo evoluciona de un atomismo mecanicista de átomos con extensión, indivisibles, al atomismo matemático de los Discorsi de átomos non quanti. El paso intermedio está en Il Saggiatore donde la luz está formada por átomos sin extensión con la salvedad de que disfruta de una difusión instantánea. Para transitar a este atomismo global geométrico de átomos sin extensión como la luz, ésta debe perder su velocidad infinita y adquiere el carácter de velocísima. Con la materia compuesta de átomos non quanti, y con los sólidos formando un continuo con vacíos infinitesimales entre las partículas, Galileo pretendía ser más coherente con los problemas de condensación, rarefacción y la penetrabilidad de la luz y calor en los cuerpos sólidos. Además establecía una fuerza de cohesión en los sólidos debido precisamente a estos espacios vacíos intersticiales y a la fuerza que el vacío realizaba en los sólidos, fuerza y cohesión de la que carecen el agua y demás fluidos. Muchas ventajas para este modelo de estructura de la materia.

## **SOCIEDAD DE LA INFORMACION**

[www.sociedadelainformacion.com](http://www.sociedadelainformacion.com)

Edita:



Director: José Ángel Ruiz Felipe

Jefe de publicaciones: Antero Soria Luján

D.L.: AB 293-2001

ISSN: 1578-326x