

Lo stato dell'acqua, prima che la grandezza ef vi sia immersa, sia $abcd$, e la grandezza ef , immersa nell'acqua, ove possibile, non si immerga completamente ma ne emerga una certa parte, precisamente e : rimanga allora immersa solamente la parte f . E' pertanto necessario che, mentre la grandezza f viene immersa, che l'acqua si sollevi: pertanto la superficie ao dell'acqua si solleva fino alla superficie st . E' allora manifesto che tanta è la mole so di acqua quanta è la mole della parte di grandezza immersa, precisamente f ; è infatti necessario che lo spazio in cui entra la grandezza, sia evacuato dall'acqua, e venga rimossa tanta mole di acqua quanto è la mole della grandezza che viene immersa. Perciò la mole so di acqua è uguale alla mole della grandezza immersa, precisamente proprio f , per cui anche la gravità della stessa f uguaglierà la gravità dell'acqua so.[166] E' possibile che questo errore sia attribuibile al desiderio di Galileo di dimostrare le leggi di Archimede[167] utilizzando il principio della bilancia a braccia uguali al quale, nel testo, fa esplicito riferimento.

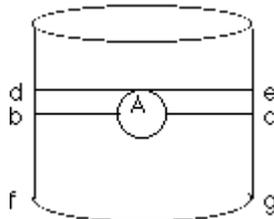
Dunque esamineremo dapprima quelle cose che riguardano la bilancia per mostrare poi che tutte sono conformi ai mobili naturali. [...]. Dal che è evidente che, nella bilancia, sia il moto verso l'alto sia il moto verso il basso provengono dalla gravità, ma in modo diverso: infatti il moto verso l'alto tocca proprio ad e [il corpo più leggero] per la gravità di o [il corpo più pesante], invece il moto verso il basso [di o] per la sua gravità.[...]. Esaminate queste cose nella bilancia, ritornando ai mobili naturali possiamo premettere in generale questo: precisamente che un oggetto più grave non possa essere sollevato da uno meno grave. Supposto ciò, è facile capire perché i solidi che sono più leggeri dell'acqua non si immergono completamente nell'acqua. Infatti se, per esempio, gettiamo in acqua una trave, allora, se la trave deve immergersi, è necessario che l'acqua esca dal posto in cui entra la trave, e venga spinta in su, cioè si allontani dal centro del mondo. Pertanto se l'acqua, che deve essere sollevata, è più grave della trave stessa allora non potrà certamente essere sollevata dalla trave; ma se la trave viene completamente immersa, allora è necessario che dal posto in cui entra la trave venga rimossa tanta acqua quanto è la mole della medesima trave: ma tanta acqua, in mole, quanto è la mole della trave, è più pesante della trave stessa (si suppone infatti che la trave sia più leggera dell'acqua); non sarà quindi possibile che la trave si immerga completamente. E questo corrisponde a ciò che è stato detto con la bilancia [a braccia uguali], precisamente che un peso minore non possa sollevarne uno maggiore. [...] se, viceversa, la trave fosse più pesante di quell'acqua che deve essere sollevata dalla trave, cioè se la trave fosse più grave di tanta acqua quanto è la sua propria mole (infatti, come è stato detto più volte, da una trave immersa viene sollevata tanta mole di acqua quanta è la sua mole stessa), allora certamente la trave viene trasportata in basso; il che in certa qual proporzione corrisponde a ciò che è stato detto per la bilancia, precisamente che l'un peso viene trasportato in basso, e l'altro sollevato, quando [il primo] fosse più grave di quello. Inoltre anche nei mobili naturali, come pure nei pesi della bilancia, la causa di tutti i moti, tanto verso l'alto quanto verso il basso, può essere ricondotta alla sola gravità. Infatti quando qualcosa viene trasportato in alto, allora viene sollevato dalla gravità del mezzo [...]: e così il moto verso l'alto avverrà dalla gravità del mezzo e dalla leggerezza del mobile; invece il moto verso il basso, dalla gravità del mobile e dalla leggerezza del mezzo. [...]. E' pertanto evidente che tale moto [quello verso l'alto] possa dirsi violento[168], quantunque si dica comunemente che il legno nell'acqua venga naturalmente trasportato in su ed il sasso in giù. E non vale l'argomento di Aristotele, quando dice: se fosse violento, alla fine calerebbe, non aumenterebbe come [invece] fa. Infatti un moto violento diminuisce allorché il mobile verrà a trovarsi al di fuori della mano di chi lo muove, ma non fintanto che è unito al motore. E' quindi evidente in qual modo il moto dei mobili naturali venga ricondotto opportunamente al moto dei pesi nella bilancia: precisamente come se il mobile naturale facesse le veci dell'un peso nella bilancia; invece tanta mole del mezzo quanto è la mole del mobile rappresenterà l'altro peso nella bilancia.[169]

Nonostante l'errore nelle dimostrazioni, Galileo ha ben compreso il meccanismo sottostante al galleggiamento e quindi al moto dei corpi nei diversi mezzi. Sempre nel *De Motu*, Galileo proporrà inoltre che la caduta dei corpi non sia proporzionale, come voleva Aristotele, al peso assoluto dei corpi, ma al loro peso specifico, o più precisamente alla differenza tra il peso specifico del corpo e quello del mezzo in cui si muove, concludendo quindi che la velocità di caduta è la stessa per corpi *della stessa sostanza*.

2. Il Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua....

Lo studio sul galleggiamento viene ripreso da Galileo nel 1611 in occasione di una disputa, in cui, suo malgrado, si trova coinvolto, nonostante che i suoi interessi siano ormai rivolti all'astronomia e alla difesa del sistema copernicano[170]. Dico 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 diminuzioni di mole e augumento di gravità, e la rarefazione maggior leggerezza, e augumento di mole, e l'acqua nel ghiacciarsi cresce di mole, e 'l ghiaccio già fatto è più leggero dell'acqua, standovi a galla[171].

E' molto interessante scoprire come nei *Fragments (a)* si trovino alcune dimostrazioni delle leggi sul galleggiamento, che pur presentando una geometria diversa dell'esperimento, ripetano l'errore contenuto nel *De motu*.



E per passare alla dimostrazione, piglio uno dei seguenti 2 assiomi, e suppongo: Che un peso maggiore non può essere sollevato ed alzato da uno minore, essendo pari tutte le altre condizioni; o vero, Che l'ordine naturale richiede che i corpi più gravi stiano sotto i men gravi, sotto i quali andranno, non sendo impediti.[...] sia il corpo solido A . men grave dell'acqua, i quale sia posto nell'acqua $bfgc$: dico, essere impossibile che il solido A stia tutto sotto acqua [...]. Ora, notisi che nel discender A sott'acqua, è forza che l'acqua gli dia luogo e gli ceda, non potendo star 2 corpi nell'istesso luogo; e l'acqua che cede al solido A , non avendo altro luogo dove ritirarsi, si innalza, sì che se avanti l'immersione del solido A la superficie dell'acqua era secondo il livello bc , dopo la immersione sarà alzata sino in de . E perchè A scaccia, per farsi luogo, tanta acqua quanta è la sua propria mole, sarà l'acqua $dbce$ eguale in mole al solido A : ma ...[172]

Tra i *Fragments (b)* e i *Fragments (c)* troviamo alcuni pensieri sparsi, tra cui :

mirabil cosa è il poter sollevare un peso con 4 oncie di acqua, che altrimenti con centomila libbre non si alzerebbe[173]. e finalmente nei *Fragmenti (c)* vengono presentati alcuni teoremi nei quali si mostra che non è vero che il solido nel sommersi solleva un volume d'acqua eguale al proprio volume, ma che il volume di acqua sollevata è sempre minore della parte del solido immerso, e tanto più, quanto il vaso, nel quale è contenuta l'acqua, è più stretto. Che l'acqua che si solleva, mentre che il solido si demerge, sia minore in mole che la parte del solido demersa, e, più, secondo qual proporzione ella sia minore, si dimostrerà facilmente così.[174]

Queste dimostrazioni si ritroverano nella medesima forma nel testo a stampa.

Galileo si rende quindi conto dell'errore commesso nelle precedenti dimostrazioni solo nel corso della stesura del *Discorso* e si trova costretto, come vedremo, ad assumere nuovi principi per affrontare e risolvere il problema del galleggiamento. Ma quando ha osservato quella *mirabil cosa* e a quale fenomeno in particolare intendeva riferirsi?

In una lettera del 11 febbraio 1609 ad Antonio de' Medici, riferendo sullo *stato* delle sue ricerche, dopo la presentazione dei risultati ottenuti sulla resistenza delle travi e sul moto dei proiettili (risultati che verranno ripresi durante la stesura dei *Discorsi*), dice:

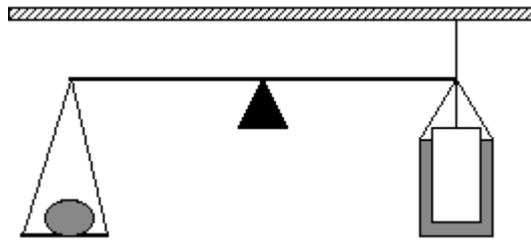
Nella materia delle acque et degl'altri fluidi, parte ancor lei intatta, ho parimenti scoperte grandissime proprietà della natura; ma non mi basta l'angustia del tempo a poterle scrivere al presente, dovendo spedir molte altre lettere. Mi riserverò dunque a maggior opportunità a dir a V.E. 3 o 4 conclusioni et effetti veduti et già provati da me, che avanzano di meraviglia forse le maggiori curiosità che sin hora siano state cercate da gl'huomini. Ma tanto basti per hora.[175]

Non risulta che Galileo abbia mantenuto l'impegno, probabilmente sopraffatto dalle nuove osservazioni astronomiche. Tuttavia, scriverà a Daniele Antonini proponendogli un interessante problema. Sfortunatamente tale lettera è andata perduta e non è ricostruibile la data. Conosciamo il problema solo da una successiva lettera dello Antonini al Galileo in data 11 gennaio 1611.

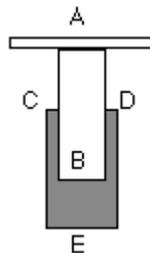
Esso riguarda la possibilità di costruire

una bilancia a braccia uguali nella quale un'oncia d'acqua può sollevare facilmente 100 libbre di peso dall'altra parte posto, per mezzo di quella forza per la quale potrebbe il galeone nuotare in una inghiera d'acqua.[176]

L'idea di Galileo, quale si evince dagli scritti successivi, consisteva in una bilancia a braccia uguali, ad un braccio della quale



veniva appeso il peso di 100 libbre, mentre all'altro braccio veniva appeso un cilindro cavo in grado di contenere quasi esattamente un cilindro pieno appeso al soffitto il cui volume era pari ad un volume di acqua di peso 100 libbre. La poca acqua necessaria per riempire le intercapedini tra il cilindro vuoto e quello pieno era sufficiente per equilibrare il peso di 100 libbre. La spiegazione del *paradosso* viene fornita dallo stesso Galileo in una lettera a T. Nozzolini del 1613, facendo riferimento tuttavia ad una diversa situazione.



Intendasi un cilindro solido AB, fermato e sostenuto in A, di poi intendasi il vaso CDE, capace della mole AB e di poco di più, il qual vaso, sendo separato e allontanato da esso cilindro AB, sia ripieno di acqua, della quale ne capisca, per esempio, 100 libbre: di poi postolo sotto 'l solido fisso AB, lentamente s'innalzi verso esso solido, in guisa che, entrandovi egli dentro, faccia a poco a poco traboccar fuori l'acqua, secondo che esso vaso CDE si andrà elevando. Or io dico, che quella persona che andrà alzando detto vaso contro il solido AB, sempre sentirà il medesimo peso, ben che di mano in mano vada uscendo fuori l'acqua; né meno si sentirà aggravare dopo che nel vaso non sarà rimasto più di due o tre libbre d'acqua, di quello che egli sentisse gravarsi quando era del tutto pieno, ancor che il solido AB non tocchi il vaso, ma sia, come si è supposto, fissamente ed immobilmente sostenuto in A. Ciò potrà per l'*esperienza* esser fatto manifesto ad ogn'uno, ma oltre all'*esperienza* non ci manca la *ragione*. Imperò che considerisi come la potenza sostenente il solido in A, mentre esso era fuori di acqua sentiva maggior peso che dopo che il solido si è immerso nell'acqua; perché non vi è dubbio alcuno che se io reggerò in aria una pietra legata ad una corda, sentirò maggior peso che se alcuno mi vi sottoponesse un vaso pieno d'acqua, nel quale detta pietra restasse sommersa. Scemandosi, dunque, la fatica nella virtù che sostiene il solido AB, mentre e' si va immergendo nell'acqua del vaso CDE che lo va ad incontrare, né potendo il peso di questo andare in niente è forza che si appoggi nell'acqua, ed, in conseguenza, nel vaso CDE ed in colui che lo sostiene: e perché noi sappiamo che ogni solido che si demerge [immerge] nell'acqua va di mano in mano perdendo di peso tanto quanto è il peso di una mole di acqua eguale alla mole del solido demerso, facilmente intenderemo tanto andare scemando la fatica della virtù sostenente il solido AB in A, quanto l'acqua va scemando la gravità di esso solido; adunque il solido AB va gravando sopra la forza sostenente il vaso CDE tanto, quant'è il peso di una mole di acqua eguale alla mole del solido demersa[177] [e quindi della quantità di acqua che trabocca].[178]

Ma ritorniamo al contenuto del *Discorso* ed alla nuova teoria sul galleggiamento dei corpi.

Come aveva già fatto nel *De motu*, Galileo non si limita a richiamare la teoria di Archimede, ma vuole con metodo differente e con altri mezzi [...] concludere lo stesso, riducendo le cagioni di tali effetti a' principi più intrinseci e immediati, ne' quali anco si scorgano le cause di qualche accidente ammirando e quasi incredibile, quale sarebbe che una piccolissima quantità di acqua potesse col suo lieve peso sollevare e sostenere un corpo solido, cento e mille volte più grave di lei.[179]

Dai risultati di Archimede si potrebbe infatti dedurre che

il solido nell'immersersi vada alzando tant'acqua in mole, quanta è la parte della sua propria mole sommersa; per lo che impossibil sia che un solido men grave dell'acqua si immerga tutto, come impotente ad alzare un peso maggior del suo proprio; e parimenti parrà necessario che il solido più grave vada a fondo, come di forza sovrabbondante ad alzare una mole di acqua eguale alla propria, ma inferiore di peso. Tuttavia il negozio procede altramente, e benché le conclusioni sien vere, le cagioni però assegnate così, son difettose; né è vero che 'l solido nel sommergersi sollevi e scacci mole d'acqua eguale alla sua propria, anzi l'acqua sollevata è sempre meno che la parte del solido ch'è sommersa, e tanto più, quanto il vaso, nel quale si contien l'acqua, è più stretto. In guisa tale che un solido, purch'ei sia in ispecie men grave dell'acqua, benché poi di peso assoluto fosse mille libbre, potrà da dieci libbre d'acqua, e meno, essere innalzato e, all'opposto, un altro solido, purchè in ispecie sia più grave dell'acqua, benchè di peso assoluto non fosse più di una libra, non potrà da tutto il mare essere sollevato dal fondo e sostenuto[180].

All'inizio della trattazione Galileo, consapevole della differenza tra il linguaggio comune e quello scientifico, avverte il bisogno di definire esplicitamente i termini di cui si servirà per la trattazione successiva.

Le definizioni riguardano i concetti di *gravità assoluta* e *gravità in ispecie*[181], e successivamente di *momento*.

Chiamo egualmente gravi in ispecie quelle materie delle quali eguali moli pesano egualmente.

Chiamerò più grave in ispecie una materia che un'altra, della quale una mole uguale a una mole dell'altra peserà di più. E lo stesso intendasi del men grave in ispecie.

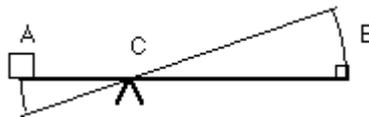
Ma egualmente gravi di gravità assoluta chiamerò due solidi li quali pesino egualmente, benchè di mole fossero diseguali. E più grave assolutamente chiamerò quel corpo di questo, se quello peserà più di questo, senza aver rispetto alcuno della mole.[182] Definiti questi termini, Galileo assume due principi, già considerati nelle pseudo-aristoteliche *Questioni Meccaniche*[183].

Il primo è, che pesi assolutamente uguali, mossi con eguali velocità, sono di [...] momento eguale nel loro operare.

Momento, appresso i meccanici, significa quella virtù, quella forza, quella efficacia, con la quale il motore muove e'l mobile resiste; la qual virtù dipende non solo dalla semplice gravità, ma dalla velocità del moto, dalle diverse inclinazioni degli spazi sopra i quali si fa il moto, perchè più fa impeto un grave descendente in uno spazio molto declive[184] che in uno meno.[185][...]

Il secondo principio è che [...] la forza della gravità venga accresciuta dalla velocità del moto; sì che pesi assolutamente eguali, ma congiunti con velocità diseguali, sieno di [...] momento diseguale, e più potente il più veloce, secondo la proporzione della velocità sua alla velocità dell'altro.[186]

Il termine momento, che nel linguaggio comune del tempo significava *importanza*, *capacità di fare alcunché*, rappresenta quindi il prodotto del peso per la velocità dell'oggetto. Pertanto due corpi saranno in equilibrio quando, per effetto di un movimento (virtuale), i loro momenti risulteranno uguali.



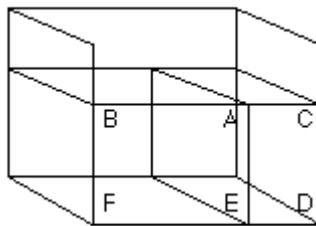
Ad illustrazione dei due principi Galileo fa riferimento all'equilibrio di due pesi in una bilancia a braccia uguali e in una stadera. In questo secondo caso, ad esempio, per una rotazione virtuale della bilancia intorno al fulcro C, le velocità dei due pesi, cioè gli spazi percorsi nello stesso intervallo di tempo, saranno proporzionali alla lunghezza dei loro bracci; avremo quindi equilibrio quando i pesi dei corpi saranno in proporzione inversa della lunghezza dei loro bracci.

Passa quindi a dimostrare

a. che il volume di acqua che un prisma retto o un cilindro solleva nell'immersersi, o nel sollevarsi, sta al volume della parte di solido immerso, o estratto, come la superficie del liquido intorno al solido sta all'intera superficie del recipiente[187].

b. che l'abbassamento dell'acqua sta all'alzamento del prisma come la base del prisma sta alla superficie dell'acqua circonfusa[188].

Introdotti questi due teoremi, Galileo passa ad analizzare le condizioni per il galleggiamento di un corpo.



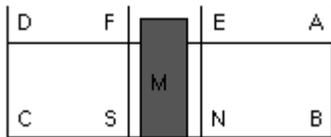
Dimostrato questo non sarà difficile lo 'ntendere, per la sua vera cagione, come un prisma o un cilindro retto, di materia in ispecie men grave dell'acqua, se sarà circondato dall'acqua secondo tutta la sua altezza, non starà sotto, ma si solleverà, benchè l'acqua circonfusa fosse pochissima e di gravità assoluta quanto si voglia inferiore alla gravità di esso prisma. Sia dunque nel vaso CDFB posto il prisma AEFB, men grave in ispecie dell'acqua, e, infusa l'acqua, alzisi sino all'altezza del prisma: dico che lasciato il prisma in libertà, si solleverà, sospinto dalla acqua circonfusa CDEA. Imperocchè, essendo l'acqua CE più grave in ispecie del solido AF, maggior proporzione avrà il peso assoluto dell'acqua CE $[P_a]$ al peso assoluto del prisma AF $[P_s]$ che la mole CE $[V_a]$ alla mole AF $[V_s]$, [cioè

$P_a / P_s = V_a \cdot a / V_s \cdot s > V_a / V_s$: ma la mole CE alla mole AF ha la medesima proporzione che la superficie dell'acqua CA $[S]$ alla superficie o base del prisma AB $[s]$, la quale è la medesima che la proporzione dell'alzamento $[h]$ del prisma, quando si elevasse, all'abbassamento $[k]$ dell'acqua circonfusa CE $[V_a : V_s = S : s = h : k]$: adunque il peso assoluto dell'acqua CE al peso assoluto del prisma AF ha maggior proporzione che l'alzamento del prisma AF [se si elevasse] all'abbassamento di essa acqua CE $[P_a / P_s > h / k]$. Il momento, dunque, composto della gravità assoluta dell'acqua CE e della velocità del suo abbassamento $[P_a v_a]$ [proportional] $P_a k$ mentre ella fa forza, premendo, di scacciare e di sollevare il solido AF è maggiore del momento composto del peso assoluto del prisma AF e della tardità del suo alzamento $[P_s v_s]$ [proportional] $P_s h$, col quale momento egli contrasta allo scacciamento fattogli dal momento dell'acqua: sarà dunque sollevato il prisma.[...].

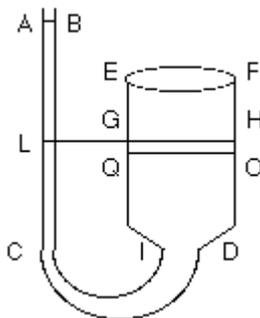
Passo ora a dimostrar come: se un cilindro o un prisma sarà men grave in ispecie dell'acqua, posto in un vaso come di sopra, di qual si voglia grandezza, e infusa poi l'acqua, resterà il solido senza essere sollevato sin che l'acqua arrivi a tal parte $[d]$

dell'altezza di quello, alla quale tutta l'altezza [I] del prisma abbia la medesima proporzione che la gravità in ispecie dell'acqua alla gravità in ispecie di esso solido [$l : d = a : s$] ma infondendo più acqua il solido si solleverà. [...] Da quanto si è dimostrato si fa manifesto, come i solidi men gravi in ispecie dell'acqua si immergono solamente sin tanto, che tanta acqua in mole quanta è la parte del solido sommersa pesi assolutamente quanto tutto il solido [infatti essendo $a \cdot d = s \cdot l$ abbiamo $a \cdot V_{\text{sommerso}} = s \cdot V_{\text{solido}}$].[189]

Si è giunti quindi a trovare la condizione per il galleggiamento dei corpi in termini di peso specifico. Il galleggiare è proprietà dei corpi il cui peso specifico è minore di quello dell'acqua. Ma a Galileo interessa puntualizzare nuovamente che ciò non avviene perché l'acqua, *più pesante* del solido, tende a spingerlo verso l'alto e sostituirsi ad esso, ma perché il momento dell'acqua nel suo moto verso il basso supera il momento del solido nel suo moto verso l'alto. Considera quindi il caso di uno stesso solido M immerso in due differenti vasi, l'uno molto largo ABCD e l'altro EFSN poco più grande del solido stesso



All'alzamento del solido pochissimo si abbassa la gran mole di acqua [nel primo caso], ma assai ed in un stante decresce la piccolissima mole di acqua [nel secondo caso], onde il momento composto della poca gravità assoluta di quest'acqua e della grandissima velocità nell'abbassarsi, pareggia il momento che risulta dalla composizione dell'immensa gravità dell'acqua [nel primo caso] con la grandissima tardità nell'abbassarsi.[190]



E per amplissima confermazione e più chiara esplicazione di questo medesimo, considerisi la presente figura (e, s'io non m'inganno, potrà servire per cavar d'errore alcuni meccanici pratici, che sopra un falso fondamentale tentano talora imprese impossibili), alla quale al vaso larghissimo EIDF vien continuata l'angustissima canna ICAB, ed intendansi in essi infusa l'acqua sino al livello LGH; la quale in questo stato si quieterà, non senza meraviglia di alcuno, che non capirà così subito come esser possa, che il grave carico della gran mole dell'acqua GD, premendo abbasso, non sollevi e scacci la piccola quantità dell'altra contenuta dentro alla canna CL, dalla quale gli vien contesa ed impedita la scesa. Ma tal meraviglia cesserà, se noi cominceremo a fingere l'acqua GD essersi abbassata solamente sino a QO, e considereremo poi ciò che averà fatto l'acqua CL: la quale, per dar luogo all'altra che si è scemata dal livello GH sino al livello QO, doverà per necessità essersi nell'istesso tempo alzata dal livello L sino ad AB, ed esser salita LB tanto maggiore della scesa QO, quant'è l'ampiezza del vaso GD maggiore della larghezza della canna LC, che in somma è quanto l'acqua GD è più della LC. Ma essendo che il momento della velocità del moto in un mobile compensa quello della gravità di un altro, qual meraviglia sarà se la velocissima salita della poca acqua CL resisterà alla tardissima scesa della molta GD? Cessi per tanto la falsa opinione in quelli che stimavano che un naviglio meglio e più agevolmente fosse sostenuta in grandissima copia d'acqua che in minor quantità (fu ciò creduto da Aristotele ne' Problemi, alla sezione 23, probl. 2), essendo, all'incontro, vero che una nave così ben galleggi in dieci botte di acqua come nell'oceano.[191]

Passando poi ai solidi di peso specifico maggiore dell'acqua, Galileo non presenta alcuna dimostrazione, ma si limita a ritenere *manifesto* che essi non possano essere mai sollevati dall'acqua

onde, infondendosi [nel vaso] acqua sino alla total sua sommersione, resterà ancora in fondo, e con tanta gravità e renitenza all'esser sollevato, quanto è l'eccesso del suo peso assoluto sopra il peso assoluto d'una mole a sé uguale fatta d'acqua o di materia in ispecie egualmente grave come l'acqua.[192]

A questo punto Galileo ritiene di aver esaurito il problema, avendo riottenuto ciò che da Archimede vien dimostrato nel primo libro Delle cose che stanno sopra l'acqua, dov'in universale si concludono e stabiliscono le medesime conclusioni, cioè che i solidi men gravi dell'acqua soprannuotano, i più gravi vanno a fondo, gli egualmente gravi stanno indifferente in ogni luogo.[193]

Tuttavia egli sente ancora il bisogno di difendere la teoria di Archimede, e quindi anche la sua teoria, dai probabili attacchi degli avversari peripatetici[194].

Ma perché tal dottrina d'Archimede, vista, trascritta ed esaminata dal Sig. Francesco Bonamico nel quinto libro Del Moto[195], al cap. 29, e poi dal medesimo confutata, potrebbe dall'autorità di filosofo così celebre e famoso esser resa dubbia e sospetta di falsità, ho giudicato necessario 'l difenderla, se sarò potente a farlo, e purgare Archimede da quelle colpe delle quali par ch'è venga imputato [...premettendo che] l'essere semplicemente la dottrina d'Archimede discorde da quella d'Aristotele, non dovrebbe muovere alcuno ad averla per sospetta, non costando cagion veruna per la quale l'autorità di questo debba essere anteposta all'autorità di quello.[196]

Secondo il Buonamico infatti la teoria di Archimede è ambigua e può portare in alcuni casi a conclusioni assurde come il fatto che

l'acqua potrebbe esser più grave della terra [...][e che] i corpi più leggeri esser mossi all'in su scacciati dalla 'mpulsione dell'ambiente più grave; il che se fusse parrebbe che di necessità ne seguisse che tutti i corpi naturali fossero di sua natura gravi e niuno leggiere.[197]

Conclusioni a cui non si giunge invece con la teoria aristotelica basata sul *predominio degli elementi e sulle facoltà del mezzo*.[198]

Galileo attribuisce la prima conclusione del Buonamico al fatto che un vaso di terra può galleggiare se vuoto, e andare a fondo

se riempito di acqua, e mette in bocca all'avversario il seguente ragionamento:

Tu [Archimede] di' che i solidi che galleggiano son meno gravi dell'acqua; questo vaso di terra galleggia; adunque tal vaso è men grave dell'acqua, e però la terra è men grave dell'acqua[199]. Se [prosegue Galileo] tale è l'illazione, io facilmente rispondo, concedendo che tal vaso sia men grave dell'acqua, e negando l'altra conseguenza, cioè che la terra sia men grave dell'acqua. Il vaso che soprannuota, occupa nell'acqua non solamente un luogo eguale alla mole di terra della quale egli è formato, ma eguale alla terra e all'aria insieme nella sua concavità contenuta; e se una tal mole, composta di terra e d'aria, sarà men grave d'altrettanta acqua, soprannuoterà, e sarà conforme alla dottrina di Archimede.[200]

Per quanto riguarda invece il fatto che secondo Archimede i corpi di peso specifico minore del mezzo in cui vengono immersi si muovono verso l'alto, Galileo ritiene che Archimede non abbia mai negato che tale movimento possa essere dovuto alla leggerezza intrinseca del corpo;

sieno dunque indirizzate l'armi del Sig. Buonamico contro Platone[201] e altri antichi, li quali, negando totalmente la levità e ponendo tutti i corpi esser gravi, dicevano il movimento all'insù esser fatto non da principio intrinseco del mobile, ma solamente dallo scacciamento del mezo. [...] e io non diffiderei di poter sostenere per verissima la sentenza di Platone e di quelli altri, li quali negano assolutamente la leggerezza, e affermano ne' corpi elementari non esser altro principio intrinseco di movimento se non verso il centro della terra.[202]

3. I fenomeni di superficie

Sempre nel *Discorso* Galileo affronta anche il problema del possibile galleggiamento di lastre di materiale di peso specifico maggiore dell'acqua, poste delicatamente sulla superficie dell'acqua stessa. A questo riguardo egli precisa subito che la piastra che resta a galla non si trova immersa nell'acqua, infatti

esser nell'acqua vuol dire esser locata nell'acqua e, per la definizione del luogo del medesimo Aristotele, essere locato importa essere circondato dalla superficie del corpo ambiente: adunque allora saranno le due figure nell'acqua, quando la superficie dell'acqua le abbraccerà e circonda. Ma quando gli avversari mostrano la tavoletta non discendente al fondo, non la pongono nell'acqua, ma sopra l'acqua, dove, da certo impedimento ritenuta, resta parte circondata dall'acqua e parte dall'aria; la qual cosa è contraria al nostro convenuto, che fu che i corpi debbano essere nell'acqua, e non parte in acqua e parte in aria.[203]

Il problema è quindi del tutto diverso da quello trattato nella teoria sul galleggiamento; la ragione del restare a galla delle lastre sottili sulla superficie dell'acqua va quindi ricercata in altre cause e, soprattutto, questi esperimenti non possono contraddire i risultati precedentemente ottenuti.

Anche se la spiegazione che Galileo fornisce a questo punto non è completamente corretta, in quanto non tiene conto della tensione superficiale, essa è acuta ed interessante. Per Galileo, infatti, la causa del restare a galla delle lastre sottili sulla superficie dell'acqua è simile a quella per cui un vaso vuoto, anche se costruito con materiale di peso specifico maggiore di quello dell'acqua, rimane a galla.

Quello che in questo caso vien locato nell'acqua, non è la sola lamina o tavoletta d'ebano o di ferro, ma un composto d'ebano e d'aria dal quale ne risulta un solido non più in gravità superiore all'acqua, come era il semplice ebano o il semplice ferro. [vedi figura aggiunta al testo].



[...] Però [perciò] rinvovete quell'aria, la quale, congiunta con la tavoletta, la fa diventare un corpo men grave dell'acqua, e ponete nell'acqua il solo ebano: chè certamente voi vedrete la tavoletta scendere al fondo. E per separare l'aria dall'ebano, non ci vuole altro che sottilmente bagnare con la medesima acqua la superficie di esse tavoletta. Resta dunque verissimo, ciò avvenire perchè quello che si posa in tal modo sull'acqua, non è il medesimo corpo che quello che si mette nell'acqua: perchè questo, che si mette nell'acqua, è la pura falda d'ebano, che, per essere più grave dell'acqua, va a fondo; e quello che si posa sull'acqua, è un composto di ebano e di tanta aria, che tra ambedue sono in ispece men gravi dell'acqua, e però non discendono.[204]

A questo punto è anche possibile, accettando valida la teoria, determinare in funzione del peso specifico, il massimo spessore che può avere una lastra per poter rimanere in equilibrio sulla superficie dell'acqua. Nel caso dell'oro ad esempio considerata la sua gravità esser quasi venti volte maggiore di quella dell'acqua, e, determinata l'altezza massima dell'argine che può fare l'acqua senza rompere il ritegno dell'aria aderente alla superficie del solido che si posa su l'acqua, se noi faremo una lamina d'oro così sottile che non ecceda in grossezza la diciannovesima parte dell'altezza di detto arginetto, questa posata leggermente su l'acqua, resterà senza andare a fondo.[205]

Questo fenomeno non accade se si bagna preliminarmente la superficie superiore della lamina e questo non perchè se ne aumenta il peso, ma perchè si rompe questa continuazione dell'aria con la sottil falda che galleggia.

Tuttavia il perchè si formi questo arginetto rimane per Galileo un mistero ed egli ritiene genericamente che tra l'aria e gli altri corpi [vi sia] una certa affinità, la quale gli tiene uniti, sì che non senza qualche poco di violenza si separano. Lo stesso parimenti si vede nell'acqua: perchè, se tufferemo in essa qualche corpo, sì che si bagni interamente, nel tirarlo poi fuori pian piano, vedremo l'acqua seguirlo e sollevarsi notabilmente sopra la sua superficie, avanti che da quello si separi[206]. I corpi solidi ancora, se saranno di superficie in tutto simili, sì che esquisitamente si combacino insieme,[...], saldissimamente stanno congiunti. [...], nè senza gran forza si separano.[207]

Galileo è comunque convinto che l'acqua non abbia alcuna resistenza all'essere penetrata da qualunque corpo[208] e soprattutto che la superficie del liquido possa avere un comportamento diverso.

L'acqua non contrasta o repugna semplicemente all'esser divisa, ma si bene all'essere divisa velocemente, e con tanta maggior renitenza quanta la velocità è maggiore: e la cagione di tal resistenza non dipende da crassie o altro che assolutamente contrasti alla divisione, ma perchè le parti divise dell'acqua, nel dar luogo a quel solido che in esso si muove, bisogna che esse ancora localmente si muovono, parte a destra e parte a sinistra e parte ancora all'ingiù [...]. [209] Anzi dirò di più, che, quando noi ci ritirassimo a più interna contemplazione della natura dell'acqua e de gli altri fluidi, forse scorgeremmo, la costituzione delle parti loro esser tale che non solamente non contrasti alla divisione, ma che niente vi sia che a divider si abbia; sì che la resistenza che si sente nel muoversi per l'acqua, sia simile a quella che proviamo nel camminare avanti per una gran calca di persone, dove sentiamo impedimento, e non per difficoltà che si abbia nel dividere, non si dividendo alcuno, ma solamente nel muovere lateralmente le persone, già divise e non congiunte; e così proviamo resistenza nel cacciare un legno in un monte di

rena, non perchè parte alcuna della rena si abbia a segare, ma solamente a muovere e sollevare.[...]. Ora, io non son ben risoluto se l'acqua e gli altri fluidi si devono stimar di parti continue, o contigue solamente. Sento ben inclinarmi al crederle più presto contigue[210], e a ciò m'induce il vedere gran differenza tra la copula delle parti di un corpo duro, e la copula delle medesime parte quando l'istesso corpo sarà fatto liquido e fluido.[...] e quando finalmente, adoprando sottilissimi e acutissimi strumenti [per dividere le varie parti del solido], quali sono le più tenue parti del fuoco, lo solveremo forse nell'ultime e minime sue particelle[211] E non mi si dica che la superficie solamente dell'acqua ha tal resistenza, ma non le parti interne, o veramente che tal resistenza si trova grandissima nel cominciare a fendere [...].[212]

E' interessante osservare che Galileo richiama anche la teoria di Democrito, il quale, a quanto riferisce lo stesso Aristotele, ritiene che siano gli atomi ignei ascendenti nell'acqua a sostenere i corpi pesanti, ma di figura larga e sottile. Egli non condivide questa teoria in quanto

l'esperienza [ci mostra] che un corpo di figura sferica, il quale a pena e con grandissima tardità va al fondo, vi resterà e vi discenderà ancora ridotto in qualunque altra figura larghissima.[213]

Tuttavia ritiene che tali atomi ignei esistano, ma che *non sieno potenti a sollevare o spignere in su alcuna falda* a meno che l'acqua non sia molto calda

Se noi piglieremo un vaso, di vetro o di rame, pieno di acqua fredda, dentro la quale si ponga un solido di figura piana o concava, ma che in gravità ecceda così poco che lentamente si conduca al fondo, dico che, mettendo alquanti carboni accesi sotto il detto vaso, come prima i nuovi corpuscoli ignei, penetrata la sostanza del vaso, ascenderanno[214] per quella dell'acqua, senza dubbio, urtando nel solido sopraddetto, lo spigneranno sino alla superficie, e quivi lo tratteranno sin che dureranno le escursioni de' detti corpuscoli; le quali cessando dopo la sottrazione del del fuoco, tornerà il solido al fondo, abbandonato da' suoi puntelli.[215]

[*] Visto il carattere del lavoro, si è preferito utilizzare principalmente le fonti primarie e si è invece tralasciato il dibattito storiografico, che verrà affrontato in altra sede.

[153]Archimedis, *De iis quae vehuntur in aqua, cum commentaris F. Commandini urbinatis, Bononiae, ex officina A. Benaci, MDLXV*. E' questa propabilmente la versione latina dell'opera di Archimede che Galileo conosceva, anche se esisteva una precedente versione latina dovuta a Guglielmo di Moerbeke, ripresa da Tartaglia.

[154] G. Galilei, *La Bilancetta*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. I, pp. 215-220. Il lavoro fu pubblicato solo dopo la morte dello scienziato, ma molti manoscritti erano disponibili fin dal 1586. Il motivo del lavoro consisteva nel presentare una bilancia mediante la quale fosse possibile determinare con precisione il contenuto in oro, o di altro metallo, in una lega. Viene fatto esplicito riferimento all'episodio della corona di Gerone e si ipotizza che Archimede avrebbe usato un metodo molto più raffinato di quello riportato da Vitruvio (*De Architecture*, IX, 3). In effetti recentemente è stato ritrovato un manoscritto arabo del 1137, il *Kitab Mizan al-Hikmat* di Abd. al-Rahman al-Kahzini, (cfr. P.B. Bardis, *The Science Teacher*, Vol. 51, n. 7, 1984) nel quale è riportato parte di un trattato di Archimede *Sulle Bilance*, andato perduto. In tale trattato si descrive una bilancia per la determinazione del contenuto in oro di una lega di argento ed oro il cui funzionamento è in parte analogo a quello descritto da Galileo.

[155] Si tratta della proposizione IV, "Solidae magnitudines humido graviore [...] erunt tanto leviores quanta est gravitas humidi molem habentis solidae magnitudini aequalem.". Cfr. *supra* nota 1, foglio 5. Tuttavia, rispetto alla proposizione archimedeica Galileo precisa correttamente che la diminuzione del peso di un corpo immerso nell'acqua, rispetto a quello che esso possiede] *nell'aria*, è pari al peso] *in aria* di una mole uguale di acqua, cioè al peso di tale mole di acqua nel vuoto diminuito della *spinta d'Archimede* dovuta all'aria.

[156]G. Galilei, *La Bilancetta*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. I, p. 216.

[157]*Ibidem*, p. 217.

[158]Ad esempio nel trattato pseudo-archimedeo *Liber Archimedis de insidentibus in humidum* (XIII sec.), troviamo a livello di postulato 1. Nullum corpus in se ipso grave esse; ut aqua in aqua, oleum in oleo, aer in aere, non est alicuius gravitatis.- 2. Omne corpus in aere quam in aqua maioris esse ponderis.

[159]Stevino, *Hypomnemata mathematica, liber IV, De hydrostaticis elementis*, 1568. Tale assunzione viene dimostrata partendo dall'impossibilità del *perpetuum mobile* (Theorema I).

[160]G. Galilei, *De motu*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. I, pp. 251-419. Il titolo *De motu antiquiora*, si ricava dalla descrizione fornita dal Viviani "Un manoscritto del Galileo, in più quinternetti, in ottavo, intitolato fuori sulla coperta De motu antiquora.". Anche l'anno di stesura è abbastanza incerto. Si veda ad es. P. Galluzzi, *Momento*, Ed. dell'Ateneo & Bizzarri, Roma 1979, p. 166.

[161]Archimede nel suo trattato usa comunemente i termini più pesante (barutera), egualmente pesante (sobareonta) e più leggero (koufoteron), intendendo di corpi che hanno un peso specifico maggiore, uguale o minore di un'altro, senza però darne mai una definizione.(E' tuttavia possibile che esistesse un precedente trattato, andato disperso, nel quali tali terminimi fossero definiti). Una distinzione esplicita tra peso assoluto (*gravitas secundum numerositatem*) e peso specifico (*gravitas secundum speciem*) si trova invece nel trattato pseudo-archimedeo *De insidentibus in humidum* (cit. 6).'*Duorum gravium unius ad aliud relatio duplici modo potest considerari: unio modo secundum speciem, alio secundum numerositatem. Secundum speciem est, ut si volumus gravitatem auri in specie ad gravitatem argenti comparare: et hoc debet fieri, supposta duorum corporum auri et argenti equalitate*'. Inoltre nella versione latina del trattato di Archimede (cit. 1), il Commandino traduce sobareonta con l'espressione *aequalis molis et aequalis ponderis*, quando questo termine compare per la prima volta (prop. III).

[162]G. Galileo, *De Motu*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. I, p. 252.

[163]Il trattato, pur essendo diviso in capitoli, ciascuno con un proprio titolo, non ne riporta la numerazione.

[164]G. Galileo, *De Motu*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. I, p. 253-254.

[165] Infatti (si veda la figura) il volume a di acqua che si innalza immergendo parzialmente il corpo $e+f$ è uguale alla sola parte b e non a tutta la parte $f = b+g$ immersa.

[166] G. Galileo , *De Motu*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. I, p. 254-255.

[167]In realtà il principio da cui parte Archimede è in un certo modo legato al concetto moderno di pressione idrostatica. 'Postulato 1. Si ammette che il fluido sia di tale natura che, delle parti di esso che sono allo stesso livello e contigue, quella meno compressa venga spinta da quella che è più compressa e che ciascuna delle sue parti sia compressa dal [peso del] fluido che è sopra di essa, verticalmente, se il fluido non è chiuso in qualcosa e se non è compresso da qualche cosa d'altro.' (cfr. *supra* nota 1, foglio 2).

[168]Questa affermazione contraddice le due assunzioni fondamentali della fisica aristotelica: a) esiste la leggerezza assoluta, b) il moto dei corpi leggeri verso l'alto è naturale, come quello dei corpi pesanti verso il basso.

[169]G. Galileo , *De Motu*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. I, p. 258-259.

[170]G. Galileo, *Discorso intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, pp. 57-141. Il *Discorso* è preceduto da una raccolta di manoscritti sotto il titolo *Diversi Frammenti attenenti al trattato delle cose ce stanno sull'acqua*, p.17-56. Tale raccolta è strutturata in una prima parte, che nel seguito indicheremo come *Frammenti (a)*, che contiene pensieri sparsi e potrebbero configurarsi come una raccolta di appunti per la discussione, e una seconda parte che potrebbe rappresentare una prima stesura del *Discorso*. In tale parte possiamo distinguere un primo settore, che pur seguendo lo sviluppo logico testo pubblicato, se ne discosta notevolmente come contenuti [*Frammenti (b)*] e un secondo [*Frammenti (c)*] in cui si ritrovano una serie di dimostrazioni quasi identiche a quelle presenti nel testo pubblicato.

[171]*ibidem*, p. 60.

[172]*ibidem*, p. 36.

[173]*ibidem*, p. 52.

[174]*ibidem*, p. 55.

[175]G.Galilei, Edizione Nazionale, 1890, Vol. X, p. 228.

[176]*ibidem*, Vol. XI, p 18. La corrispondenza con l'Antonini è stata in quel periodo molto frequente; è quindi possibile che Galileo abbia formulato il quesito poco tempo prima (fine 1610).

[177]Questa affermazione potrebbe essere vista come una formulazione di un principio di *azione e reazione*, che Galileo ottiene però partendo da un principio di *conservazione del peso*, ritenendo cioè che il peso di un oggetto non possa *andare in niente*.

[178]*ibidem*, Vol. IV, pp 307-308.

[179]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 67.

[180] *ibidem*, p. 70

[181]Si veda la nota 9.

[182]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 67

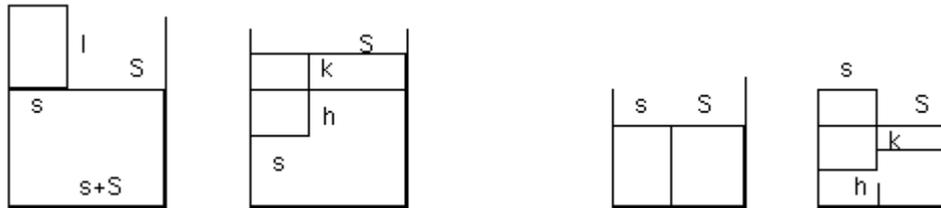
[183]Ai tempi di Galileo tale trattato era attribuito ad Aristotele, mentre la storiografia moderna lo attribuisce alla scuola aristotelica.

[184]Galileo si riferisce qui alla *gravitas secumdum situm*, cioè al fatto che lungo un piano inclinato il peso, responsabile del moto, dipende dall'inclinazione del piano.

[185]Questa definizione è stata aggiunta nella seconda edizione dell'opera, data alla stampa nello stesso anno.

[186]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 68. I due principi qui enunciati costituiscono quello che oggi noi chiamiamo il *principio dei lavori virtuali*. L'aspetto infinitesimale del principio è presente nella velocità, se questa viene intesa come velocità istantanea (ds/dt). Infatti riferendosi agli spazi che i due corpi percorrerebbero nello stesso tempo, le velocità virtuali sono proporzionali agli spazi virtuali infinitesimi. Galileo utilizzerà tale principio anche nei *Discorsi intorno a due nuove scienze* (Giornate III e IV)

[187]Galileo dimostra questo teorema e tutti gli altri che seguono utilizzando le proporzioni euclidee. Utilizzando una simbologia moderna, la dimostrazione di Galileo è la seguente: consideriamo una sezione verticale del recipiente e sia s la superficie di base del solido di altezza l ; sia inoltre S la superficie del liquido circonfuso. Immergiamo il solido in modo che esso venga ricoperto dall'acqua e sia k l'innalzamento del liquido.



Abbiamo $s'h = S'k$ da cui, essendo $l = h + k$, si ottiene $s'l = (S+s)k$ e dividendo ambo i membri per $S'k$, si ottiene $(s'l) / (S'k) = (S+s)/S$, cioè

$$V_{\text{solido}}/V_{\text{liquido spostato}} = (S+s)/S$$

Il volume di liquido spostato immergendo un corpo coincide con il volume della parte immersa del corpo solo quando la superficie del liquido è molto grande rispetto alla superficie di base del solido, ad esempio quando immergiamo un corpo nel mare.

[188]Se alziamo il solido di un tratto h , il livello dell'acqua si abbasserà di un tratto k e sarà evidentemente $s'h = S'k$ da cui $h : k = S : s$

[189]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 73-76.

[190]*ibidem*, p. 77.

[191]*ibidem*, p. 78. Questo esempio è stato aggiunto nella seconda edizione.

[192]*ibidem*, p. 79.

[193]*ibidem*, p. 80.

[194]Nei *Fragmenti (a)* si legge una interessante difesa di carattere generale relativo all'utilizzo della geometria per spiegare i fenomeni naturali. " Qua io mi aspetto un rabbuffo terribile da qualcuno de gli avversari; e già parmi di sentire intonar negli orecchi che altro è il trattar le cose fisicamente ed altro matematicamente, e che i geometri doveriano restar tra le lor girandole, e non affratellarsi con materie filosofiche, le cui verità sono diverse dalle verità matematiche; quasi che il vero possa essere più di uno; quasi che la geometria a i nostri tempi progredisca all'acquisto della vera filosofia, quasi che sia impossibilew essee geometra e filosofo, sì che per necessaria conseguenza si inferisca che chi sa geometria non possa saper fisica, ne possa discorrere e trattar delle materie fisicamente" (p. 49).

[195]Galileo si riferisce al trattato: Francisci Buonamici, *De motu libri X*, Florentiae, apud B. Sermatellium, MDXCI.

[196]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 80.

[197]*ibidem*, p. 80.

[198]Nei *Fragmenti (a)*, a dimostrazione della maggior capacità esplicativa della teoria Archimedeica circa i fenomeni legati al galleggiamento, viene riportata la seguente osservazione "[il Buonamico] afferma sapere che il piombo in aria è più grave del ferro; ma se anco nell'acqua, dice che lo crede; e lo prova perchè i pescatori metton piombo e non ferro alle reti. E non comprende che se un corpo è più grave di un altro in aria, molto più sarà in acqua; s' che due corpi, uno di ferro e l'altro di piombo, che in aria pesassero [peso assoluto] egualmente, in acqua il piombo peserà molto più che il medesimo ferro" (p. 25).

[199]In realtà, come preciserà il Delle Colombe nel suo *Discorso Apologetico* (Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 351), il Buonamico si riferiva a quanto riportato da Seneca circa l'esistenza in Siria di uno stagno dove i mattoni soprannuotano. 'Dice benissimo il Buonamico, che per la regola di Archimede ne seguirebbe che l'acqua fosse più grave della terra, se il notar de' mattoni, messo in campo da Seneca, si cagionasse da questo, che le cose che nuotano fossero più leggieri dell'acqua, poichè i mattoni sono di terra.' E viene messo in dubbio il concetto di gravità in ispezie di un corpo 'Come volete mai che l'aria contigua a un corpo e anche locata in quello, possa farlo differente di ispezie da quello che era prima?' Nella seconda edizione del *Discorso* Galileo introduce il seguente periodo. " Forse tal problema (per mio creder favoloso), letto dal Sig. Bonamico in altro autore, dal quale per avventura fu attribuito per proprietà singolare a qualche acqua particolare, viene ora usato con doppio errore in confutare Archimede; poichè egli non dice tal cosa, nè da chi la disse fu asserita dell'acqua del comune elemento" (p. 82).

[200]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 81.

[201]"Nam antiquitas Timeus, Strato Lampsacenus et Epicurus extimmaverunt, omnia quidem esse gravia, nihil per se leve: duos autem esse terminos mutus [...] sed unum nempe deorsum et infimum esse locum in quem omnia proferent secundum naturam." Bonamici, *De motu*, libro V, cap. 37, pp. 410. In particolare Platone, nel Timeo, fa propria l'idea dei quattro elementi parmenidei (terra, acqua, aria e fuoco), attribuendo a ciascuno di essi un peso proporzionale al numero di triangoli di cui è formato il corpuscolo elementare. (fuoco = tetraedro = 24 triangoli rettangoli, con angoli di 30deg. e 60deg.; aria = ottaedro = 48 triangoli, acqua = icosaedro = 120 triangoli; terra = cubo = 24 triangoli rettangoli isosceli). E' bene tuttavia precisare a questo proposito che per Platone l'elemento *acqua* ha una valenza molto generale e si riferisce a tutte le sostanze che possono trovarsi allo stato liquido. "E le specie dell'acqua si distinguono in due. In primo luogo la specie liquida e quella fusibile. La specie liquida [...] è costituita dalle specie d'acqua che sono piccole e disuguali [...]. L'altra deriva da elementi grandi e uniformi" (Timeo, 58 D) Appartengono al primo gruppo l'acqua, il vino (capace di scaldare l'anima insieme al corpo), l'olio, la

pece, ecc. . Al secondo in generale i metalli.

[202]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 81

[203]*ibidem*, p. 95

[204]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 98.

[205]*ibidem*, p. 111

[206]Questo fenomeno verrà ripreso più avanti (pp. 121 e seg.) per mostrare come sia necessaria una forza più piccola per estrarre dall'acqua "una mole di piombo ridotto in figura di una palla, che se il medesimo fusse fatto in una sottilissima e larghissima falda." L'esperienza proposta mostra che "tanto per appunto resiste e, per così dire, pesa l'aria all'in giù nell'acqua, quanto pesi e resista l'acqua all'in su nell'aria." Inoltre "la stessa fatica ci vuole a mandare sott'acqua un otre pien d'aria che alzarlo in aria pien d'acqua, rimossa però la considerazione del peso della pelle."

[207]*ibidem*, p. 103.

[208]Nei *Fragments (a)* si legge "Non ci vuol forza nessuna a fender l'acqua: di che ci danno certo argomento le minutissime particole di terra che la intorbidano, le quali in 4 o 6 giorni calano a fondo. La resistenza, dunque, si trova alla velocità del moto, e non al moto (p. 26).

[209]Questo brano è stato introdotto nella seconda edizione

[210]E' questa la prima affermazione galileiana in favore dell'atomismo, che verrà ripreso nelle pagine successive con una esplicita difesa di Democrito.

[211]Nei *Fragments (a)* si trovano diversi pensieri favorevoli ad una interpretazione di tipo atomistico dell'acqua. "L'acqua penetra per infinite sostanze di meati angustissimi: adunque è discontinua. Il continuo si muove tutto, o gran parte, al moto d'una parte; e del discontinuo se ne può muovere minima parte: ciò avviene all'acqua: *ergo* Quello che non ha resistenza niuna all'essere diviso, è già diviso: tale è qualsivoglia parte dell'acqua: *ergo* (pp. 26-27).

[212]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, pp. 105-107.

[213]*ibidem*, p. 132.

[214]In margine ad un volume delle *Considerazioni sopra il discorso del Sig. Galileo Galilei intorno alle cose che stanno in su l'acqua o che in quella si muovono*, (Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 195) di Accademico Ignoto si trova scritto di pugno dello stesso Galileo "Il fuoco, mentre è in piccolissimi atomi disseminato per l'acqua, sale lentamente 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. [...] Nello scaldarsi l'acqua, gli atomi ignei montano alla superficie, e, nel voler passar nell'aria, vengono ritenuti in copia grande dall'acqua aderente, [...] : e però l'acqua è più calda presso la superficie; e l'acqua ancora [torbida per la presenza di arena impalpabile], che si va rischiarando, prima chiarisce sopra, e verso il fondo resta più torbida.

[215]G. Galileo, *Discorso....*, Edizione Nazionale, 1890, Vol. IV, p. 132.