

IL PESO DELL'ARIA E IL VUOTO

di Riccardo Pratesi – Museo Galileo

INTRODUZIONE

Secondo la fisica aristotelica parlare di “spazio vuoto” suona come una contraddizione in termini: lo spazio è infatti concepito come l'estensione stessa dei corpi, siano essi composti di aria, acqua, terra o fuoco, per quanto riguarda i corpi terreni o di etere per quanto riguarda i corpi celesti. Lo spazio è inscindibile dal corpo che lo occupa, senza corpo non c'è spazio, senza spazio non c'è corpo.

UN PO' DI STORIA

Aristotele nella Fisica nega risolutamente la possibilità del vuoto. Invece, secondo un altro filosofo dell'antica Grecia, Democrito, lo spazio è proprio il vuoto palcoscenico in cui si muovono gli atomi, unità indivisibili di materia elementare, distinti solo per la loro forma, eternamente immutabili per qualità e proprietà. Questi, incontrandosi casualmente, danno origine a tutte le cose. Quando l'aristotelismo divenne la colonna portante della filosofia della Chiesa Cattolica, l'atomismo, e quindi la possibile esistenza del vuoto, venne addirittura ritenuto un'eresia, in quanto sarebbe stato contrario al dogma della trasformazione della sostanza dell'ostia e del vino eucaristici nella sostanza del corpo e del sangue di Cristo, cioè della Transustanziazione. Tuttavia il dibattito era aperto. V'era chi sosteneva, ad esempio, che nella sua onnipotenza Dio avrebbe certamente potuto creare il vuoto. Inoltre alcuni fenomeni venivano spiegati proprio grazie al vuoto, o meglio all'“orrore del vuoto”, il cosiddetto Horror Vacui.

ESPERIMENTO: LA FONTANA DI ERONE

Una domanda: quando aspiriamo acqua con una cannuccia, chi è che esercita la forza che fa salire l'acqua su per la cannuccia? Facciamoci per questo aiutare dal nostro assistente: “Buona sera messere, prego.” La risposta che ci viene spontanea è che siamo noi, tirando su l'aria, a esercitare direttamente una forza sulla superficie dell'acqua che fa salire l'acqua su per la cannuccia. “Mille grazie, messere”. Ma, anche a un'analisi superficiale, le cose si mostrano subito più complesse; è evidente che per tirare occorrono due cose: maniglie sulla superficie da tirare e mani o ganci per afferrare dette maniglie. Ora poiché manifestamente la superficie dell'acqua è sprovvista di maniglie né alcun gancio di aria potrebbe far presa sull'acqua, il motivo deve essere un altro. Certamente l'aria può spingere, non essendo per questo necessario avere mani o maniglie. Anzi è proprio questa capacità dell'aria di spingere che è

il principio alla base del funzionamento della fontana di Erone. Eccola dunque, è costituita da due serbatoi: uno inferiore inizialmente vuoto, cioè pieno d'aria e uno superiore inizialmente pieno d'acqua. Se facciamo cadere dell'acqua nel serbatoio inferiore, questa comprime l'aria che è qui contenuta, che essendo collegata mediante questo tubo col serbatoio superiore, spingerà l'acqua del serbatoio superiore a zampillare fuori. Se abbiamo cura di far cadere l'acqua che esce da questo serbatoio superiore nel tubo che porta a quello inferiore, la fontana continuerà a zampillare fino a completo svuotamento del serbatoio superiore. Vediamo dunque.

La possibilità che anche nel caso della cannuccia fosse l'aria a esercitare una qualche pressione dall'esterno era però scartata a priori; secondo la fisica aristotelica, infatti, l'aria si trova già nel suo "luogo naturale", e non ha alcuna tendenza né verso l'alto né verso il basso, dunque non pesa.

La spiegazione che si dava, quindi, era che la Natura interviene colmando preventivamente il vuoto che si potrebbe formare aspirando l'aria.

Cosicché l'acqua si arrampica su per la cannuccia proprio per impedire che si formi questo vuoto perché la Natura ne ha paura, o appunto *horror vacui*. L'esperienza mostrava però l'insufficienza di tale spiegazione.

Se volessimo far salire l'acqua per aspirazione per un dislivello – poniamo – di tre piani di un palazzo, scopriremmo che nessuna pompa al mondo riuscirebbe nell'impresa. In una lettera del 1630 a Galileo Galilei, un signore ligure, Giovan Battista Baliani, chiedeva come mai non funzionasse un sifone da lui costruito per far superare all'acqua una collinetta alta circa 21 metri. Nella risposta Galileo sostiene che la ripugnanza del vuoto da parte della Natura non è invincibile, e che, anzi, lui stesso ha provato che è impossibile far salire l'acqua per aspirazione per un dislivello superiore a 18 braccia, circa 10 metri e mezzo.

Dunque l'*horror vacui* ha un limite? O forse non esiste alcun *horror vacui* e l'aria ha un peso?

EVANGELISTA TORRICELLI

Le cose stavano a questo punto quando Evangelista Torricelli, allievo di Galileo e suo successore come matematico e filosofo primario del Granduca di Toscana cominciò le sue osservazioni. In un famoso esperimento eseguito nella primavera del 1644 egli usò il liquido più pesante di cui potesse disporre, il mercurio, un metallo pesante tredici volte e mezzo più dell'acqua, che a temperatura ambiente è appunto in stato di liquido.

Riempito di mercurio un tubo di vetro lungo circa 1 metro e 20 cm chiuso a un'estremità, e rovesciatolo in una bacinella piena di mercurio in modo che l'aria non rientrasse nel tubo, Torricelli osservò che il mercurio scendeva solo parzialmente nel recipiente, restando nel tubo fino a un'altezza di "un braccio et un quarto, e un dito di più", cioè 76 centimetri; questo indipendentemente dalla forma e dalla lunghezza del tubo di vetro.

L'interpretazione di Torricelli di questa esperienza fu che il mercurio non ricade tutto nella bacinella perché equilibrato dal peso dell'aria che spinge

GIOCATTOLI E NUOVE SCIENZE

sulla superficie del recipiente. “Siamo sul fondo di un pelago d’aria” diceva Torricelli, e quest’aria esercita una pressione notevole: per ogni centimetro quadrato di superficie (praticamente l’unghia del pollice) preme con la forza di un chilo. Inoltre, sostenne Torricelli, lo spazio sopra il mercurio dentro il tubo doveva essere vuoto.

Non è dato sapere se queste scoperte lo avrebbero fatto sospettare di eresia, in quanto nel 1647, a soli 39 anni, Torricelli moriva, forse avvelenato da quello stesso mercurio che maneggiava tanto disinvoltamente.

Con la morte di Torricelli si estinse di fatto la giovane ma già grande tradizione scientifica italiana, i cui frutti germogliarono soprattutto all’estero. In Francia, ad esempio, diversi scienziati confermarono le scoperte torricelliane; tra essi Blaise Pascal, il quale nel 1648 effettuò l’esperimento del tubo di mercurio sulla vetta del Puy de Dome, nel massiccio centrale francese. Qui osservò che la colonna di mercurio si pone a un’altezza inferiore rispetto a quanto avviene in pianura, dimostrando così che la pressione atmosferica diminuisce con l’altitudine.

Si apriva così un campo del tutto nuovo di ricerca e di sperimentazione, che produsse, come tutte le scoperte scientifiche, risultati di vario genere, dai giocattoli ai nuovi orizzonti del sapere.

Un giocattolo è ad esempio il “ludione” di Raffaello Magiotti, annoverabile fra i discepoli di Galileo, che lo descrisse prima che diventasse famoso come il “diavoletto di Cartesio”. Per realizzare nel modo più semplice un ludione, coi mezzi che abbiamo oggi a disposizione, basta prendere un contagocce di vetro a lapis e una bottiglia di plastica piena fino all’orlo.

Riempiamo il contagocce di acqua fino a circa metà, forse anche un po’ meno – ecco direi che così va bene – e lo inseriamo nella bottiglia. Tappiamo ermeticamente il tutto e a questo punto se noi premiamo sull’esterno la bottiglia l’acqua, che è incomprimibile, entra dentro il contagocce facendolo aumentare di peso e quindi facendolo affondare.

Se rilasciamo la bottiglia, l’aria contenuta dentro al contagocce – al nostro diavoletto – si espande espellendo così l’acqua e facendo rialleggerire il “diavoletto” e facendolo dunque galleggiare di nuovo.

Stupore destò nel 1657 a Magdeburgo anche l’esperimento di Otto von Guericke, il quale unì due emisferi a tenuta ermetica e aspirò l’aria al loro interno. Due quadriglie di cavalli non furono sufficienti a separare gli emisferi, mentre reimmettendo aria all’interno essi si separarono subito, per la meraviglia degli astanti.

Il progresso scientifico andava però ben al di là delle meraviglie barocche. Citeremo soltanto una delle nuove scienze che andavano definendosi con le nuove scoperte: la meteorologia. Si era osservata, mediante il barometro torricelliano, una relazione tra la pressione dell’aria e il tempo meteorologico; un abbassamento della pressione è foriero di brutto tempo, come un aumento di pressione indica invece un miglioramento della situazione.

Per rendercene conto, possiamo costruire un barometro molto semplice usando un barattolo senza coperchio, un palloncino, una cannuccia o un bastoncino e un po' di scotch. Tagliamo il palloncino in modo da ottenere una membrana elastica che metteremo sopra al barattolo. Fissiamo poi la cannuccia sopra alla membrana e è già pronto il nostro barometro, che qui abbiamo già pronto.

Ecco. Questa lancetta segna per noi, a questo punto, il livello di riferimento della pressione. Quando poi la pressione esterna si alza, ciò comprimerà questa membrana facendo quindi alzare la lancetta. Se, viceversa, la pressione esterna si abbassa, l'aria interna al barattolo può espandersi, gonfiando la membrana e facendo così abbassare la lancetta.

Insieme ad altri strumenti, come il termometro per la misura della temperatura e l'igrometro per la misura dell'umidità dell'aria, il barometro permise una misura sistematica delle condizioni climatiche. Nel 1654 il Granduca di Toscana Ferdinando II istituì la prima rete meteorologica d'Europa, che coordinava misure prese con strumenti omogenei e confrontabili in luoghi diversi d'Europa tra i quali Vallombrosa presso Firenze, Varsavia, Innsbruck.

Anche a questo si dedicò la prima accademia al mondo a carattere puramente scientifico, l'Accademia del Cimento, che lavorò dal 1657 al 1667 sotto l'egida del principe Leopoldo de' Medici e con l'ispirazione di Galileo. Successivamente, come detto, i più grandi nomi della Scienza sorseranno all'estero: Pascal, Boyle, Hooke, e soprattutto Newton.