



A XVI-a Conferință internațională – multidisciplinară
„Profesorul Dorin PAVEL – fondatorul hidroenergeticii românești”
SEBEȘ, 2016

ISTORIA ȘI METODOLOGIA FIZICII VIDULUI. PARTEA a II-a. DESCOPERIREA PRESIUNII ATMOSFERICE ȘI PRĂBUȘIREA MITULUI „ORORII DE VID”

Ion M. CERNICA, Iulian N. MALCOCI

HISTORY AND METODOLOGY OF VACUUM PHYSICS PART II. THE DISCOVERY OF ATMOSPHERIC PRESSURE AND THE COLLAPSE OF THE "ABHORS VACUUM" MYTH

Based on extensive documentation and a rigorous selection of the bibliography, the paper presents the main facts and historical moments that led to the discovery of atmospheric pressure and vacuum in 1643. The first experiment showed that actual vacuum production was monitored and carried out in 1641 by Gasparo Berti, who designed and tested the first water barometer. The discovery of atmospheric pressure and vacuum favored the invention of the mercury barometer in 1644, the air pump in 1654 and gunpowder engine in 1678. The paper shows the contributions of Galileo Galilei, Evangelista Torricelli, Blaise Pascal and Otto von Guericke to dispel the myth „horror vacuum” and founding scientific bases of vacuum physics.

Keywords: abhors vacuum, vacuum force error, space vacuum, atmospheric pressure, barometer, air pump, water pump, gunpowder engine

Cuvinte cheie: oroare de vid, forța de oroare a vidului, spațiu vid, presiune atmosferică, barometru, pompă de aer, pompă de apă, motor cu praf de pușcă

6. Descoperirea presiunii atmosferice. Spațiul vid

Cu toate că filosofia idealistă, susținută ferm de biserica catolică, a negat categoric existența vidului, totuși progresul științific din secolele XVII-XVIII nu a putut fi frânat. În prima jumătate a secolului al XVII-lea,

în Europa Occidentală, se crease premise economice și sociale favorabile pentru soluționarea problemei vidului, care datorită importanței sale științifice și filosofice avea să fie cea mai aprig dezbătută problemă în cadrul comunităților științifice și filosofice din Italia, și mai târziu, Franța și Germania.

În prima jumătate a secolului al XVII-lea, mai exact în anul 1641, constructorii de havuzuri și fântâni din Florența s-au ciocnit cu un fenomen neexplicabil până atunci și anume cu imposibilitatea ridicării apei cu ajutorul pompelor de aspirație obișnuite la o înălțime mai mare de 18 coate sau 33 picioare. Faptul că apa nu se ridică mai sus de această înălțime era în contradicție cu postulatul „*ororii de vid*” admis pe atunci. Cum pe vremea ceea nu se știa prea multe lucruri despre forța care ridică apa în corpul pompei și o menține acolo pe întreaga durată de funcționare, ei au apelat pentru explicații la genialul om de știință florentin *Galileo Galilei* (1564–1642) (figura 12), care încă în 1613 descoperise că aerul are greutate, fără să-i sugereze însă ideea producerii vidului artificial prin eliminarea directă a aerului dintr-un spațiu limitat. Fără să găsească o explicație plauzibilă, le-ar fi răspuns foarte vag că „*natura nu are oroare de vid decât numai până la înălțimea de 18 coate*” [34], ceea ce înseamnă că „*forța de oroare a vidului*” este limitată. Există opinia precum că această idee i-ar fi fost sugerată de fizicianul genovez *Giovanni Baliani* (1582-1666) în corespondența pe care au purtat-o cei doi oameni de știință în anul 1630, în problema sistemului de alimentare cu apă a orașului Genova [35]. Galilei revine asupra problemei fântânarilor din Florența în ultima sa lucrare „*Discorsi e dimostrazione matematiche intorno a due nuove scienze*”, adică „*Discursuri și demonstrații matematice referitoare la două noi științe*”, publicată în 1638, în care a găsit relația de calcul a „*forței de oroare a vidului*” [34-36]. După Galilei, valoarea „*forței de oroare a vidului*” poate fi determinată ca „*greutatea apei conținută într-un tub al pompei de 18 coate înălțime și de orice diametru*” [36]. Astfel se deduce că relația stabilită de Galilei reprezintă nu altceva decât ecuația de bază a hidrostaticii scrisă în ipoteza că spațiul de deasupra lichidului dintr-un tub închis ermetic la capătul de sus este absolut gol, adică $p = p_{gh}$, (1), unde p este densitatea lichidului, g – accelerația gravitațională normală, iar h – înălțimea coloanei de lichid.

Pentru valorile specificate $h = 18 \text{ coate} \cdot 0,584 \text{ m/coate} = 10,512 \text{ m}$ și $p = 1000 \text{ kg/m}^3$, se obține $p = 103122,7 \text{ Pa}$. Astăzi se știe că „*forța de oroare a vidului*” este presiunea atmosferică, care în condiții normale are valoarea 101325 Pa.



Fig. 12 Galileo Galilei
(1564–1642)

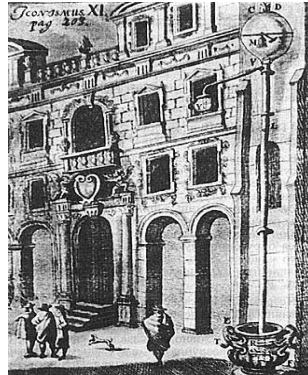


Fig. 13 Barometrul cu apă al lui Berti de
pe fațada casei sale din Roma [41, 42]

O altă mare realizare științifică a lui Galileo Galilei a fost descoperirea *legii căderii libere a corpurilor în vid*, cu toate că vidul artificial nu fusese încă creat. Într-o scrisoare adresată prietenului său Paolo Sarpi, anul 1604, el afirma (corect) că distanța parcursă de un corp în cădere liberă crește cu pătratul timpului, dar susținea (incorect) că viteza este proporțională cu distanța [37]. Galilei își va corecta greșeala în 1609. Dar nici despre conceptul de presiune atmosferică nu se știa prea multe lucruri. De exemplu, René Descartes considera că presiunea atmosferică scade cu altitudinea [38], deși aceasta nu fusese încă descoperită. Măsurările realizate mai târziu în Italia și Franța au confirmat justetea acestei presupuneri ingenioase.

Gândirea progresistă a lui Galileo Galilei a exercitat o puternică influență asupra comunităților științifice și filosofice de atunci. Deja în anul 1631 filosoful olandez *Henricus Reneri* (1593-1639), în corespondența sa cu René Descartes, propune efectuarea unor experiențe în care se urmărea producerea efectivă a vidului [39]. Prima experiență de acest gen a fost efectuată de distinsul matematician și fizician italian *Gasparo Berti* (1600-1643), care, încântat de ideile compatriotului său, a reușit să găsească o soluție mai bună de producere a vidului artificial decât cu un sifon. Istoriograful francez Cornelis de Waard susține în [40] că experimentul a fost efectuat nu mai devreme de luna iunie a anului 1641, atunci când Torricelli a părăsit Roma, dar nici mai târziu de 8 ianuarie 1642, deoarece Galileo Galilei era încă în viață și acesta reușise să afle despre descoperirea vidului dintr-o scrisoare venită de la fizicianul italian *Raffaello Magiotti* (1597-1656). Cel mai probabil experimentul s-a produs în iulie-august

1641 sau în toamna aceluiași an. Cum era la modă pe vremea aceea, experimentul a fost efectuat în prezența câtorva martori și prieteni, printre care Raffaello Magiotti, Athanasius Kircher și Nicolo Zucchi, personalități de vază ale științei italiene și germane de atunci. Pentru determinarea „forței de oroare a vidului” Gasparo Berti a folosit un barometru cu apă, construit între anii 1639-1643 pe fațada casei sale din Roma (figura 13) [40-43]. Inițial, barometrul lui Berti a fost descris și ilustrat de Raffaello Magiotti într-o scrisoare adresată lui Marin Mersenne din 12 martie 1648 [41] și de Gaspar Schott în „*Technica Curiosa*” [42], adică „*Curiozitățile tehnicii*”, editată în 1664. Așa cum este arătat în figura 13, barometrul era compus dintr-o conductă verticală, de aproximativ 11 m lungime, care în partea sa de jos comunica ermetic cu un vas din sticlă C. Pentru umplerea lor cu apă era necesară deschiderea robinetelor Y și D și închiderea robinetului R. După umplerea conductei și vasului, robinetele Y și D se închideau. Atunci când se deschidea robinetul R, coloana de apă din conducta verticală cobora până la un anumit nivel L, care depășea nivelul apei din butoiul T cu aproximativ 10 m. În vasul de sticlă se forma vid, care era folosit de asistentul său *Emanuel Magnano* (1601-1676) pentru producerea următoarei experiențe. În interiorul vasului de sticlă erau montate un clopoțel M și un ciocan. Acesta putea lovi clopoțelul numai atunci când pe suprafața exterioară a vasului se aplica un magnet. Mărimea vidului format era apreciată după intensitatea sunetului produs de clopoțel. De regulă, vidul astfel obținut nu depășea câțiva zeci de milimetri ai coloanei de mercur. Instalația lui Berti este importantă și prin faptul că a demonstrat cum poate fi eliminat aerul cu ajutorul pistonului lichid.

Experimentul celor doi italieni nu a fost atât de convingător, deoarece încă pe atunci se credea că sunetul produs de clopoțel nu se poate propaga prin vid, iar sunetul auzit s-ar fi transmis probabil prin suportul metalic al clopoțelului. Dar acest lucru nu l-a împiedicat pe Raffaello Magiotti să afirme că un lichid mai greu s-ar fi ridicat la o înălțime mai mică [40]. Pentru verificarea acestei ipoteze, el a apelat la fizicianul florentin *Evangelista Torricelli* (1608-1647) (figura 14), unul dintre cei mai erudiți elevi ai lui *Galileo Galilei*, care la acea vreme se afla în serviciul Marelui Duce de Toscana, ca „*filosof și prim matematician al Magistății sale*” [44]. Înlocuind apa cu mercurul și repetând experiențele lui Berti cu un tub de sticlă umplut cu mercur și inversat cu capătul deschis într-un recipient cu mercur, Torricelli a determinat că „*forța de oroare a vidului*” corespunde unei valori a presiunii atmosferice de 760 mm Hg (figura 15) [45]. Se spune că această descoperire a făcut mare vâlvă în cartierul unde locuia

Toricelli; era o descoperire care putea fi văzută și repetată de oricine și de aceea nu este de mirare că în curs de câteva zile ea a devenit obiectul știrilor senzaționale. Torricelli a evitat cu greu arestul, înțelegând că experimentul trebuia efectuat în cele mai secrete condiții.



Fig. 14 Torricelli împreună cu barometrul cu mercur [46]

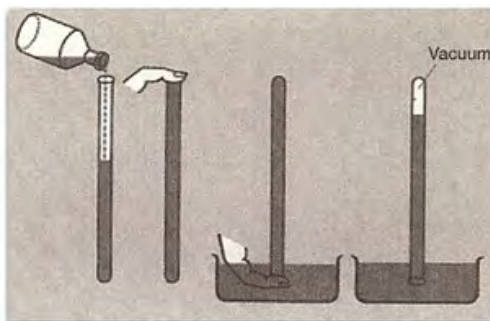


Fig. 15 Tehnica de măsurare a presiunii atmosferice și de producere a vidului adoptată de Torricelli în experiențele sale din 1643 [46]

Pentru a fi convins de realizarea sa științifică, Torricelli reia experiențele cu tubul de mercur în 1644 prin *Vincenzio Viviani* (1622-1702), obținând același rezultat [1]. Pe baza experiențelor sale, dar și a colegului său Viviani, Torricelli a stabilit două concluzii ingenioase [32]: spațiul de deasupra mercurului din tub este gol și că mercurul nu se scurge din tub în vas din cauză că aerul atmosferic acționează asupra suprafeței libere a mercurului din vas, adică aerul are greutate, iar coloana de mercur din tubul piezometric este ținută în echilibru datorită presiunii aerului atmosferic. Astăzi se știe că acest spațiu este umplut cu vapori de mercur, care la temperatura 293 K au presiunea $1,2 \cdot 10^{-3}$ mm Hg sau 0,16 Pa, adică este adevăratul vid de care se presupunea că natura are oroare. De atunci spațiul lipsit de aer de deasupra suprafeței libere a lichidului dintr-un tub închis ermetic la capătul de sus se numește *vidul lui Torricelli*.

Purtând tubul cu mercur la diferite înălțimi, Torricelli și Viviani au stabilit un mijloc sigur și eficient de măsurare a presiunii atmosferice, numit *barometru*, considerat una dintre cele mai importante invenții tehnice din secolul al XVII-lea. Tot ei au mai stabilit că înălțimea coloanei de mercur din barometru nu depinde nici de forma tubului și nici de unghiul de înclinare al acestuia (figura 16) [42], rezultat cunoscut astăzi sub numele de *paradoxul hidrostatic*.

Toricelli și-a descris experiențele sale în două scrisori din 1644 adresate prietenului său Michelangelo Ricci din Roma [45]. Referindu-

se la greutatea cu care s-a confruntat în explicarea fenomenului el scria, în una din scrisori: „Mulți au spus că vidul nu există, alții că există, în ciuda ororii naturii și a dificultăților. Nu cunosc nici unul care să spună că există, fără dificultate și fără vreo rezistență din partea naturii. Am argumentat aceasta astfel. Dacă nu poate fi găsită o cauză evidentă de proveniență a rezistenței care se resimte atunci când încercăm să producem vidul, mi se pare o nebunie tentativa de a atribui vidului acele operațiuni care decurg în mod evident dintr-o altă cauză. Prin calcule am constatat cu ușurință că motivul atribuit de mine (care este greutatea atmosferei), ar trebui, în sine, numai pentru oferirea unei rezistențe mai mari decât o facem atunci când încercăm să producem vidul”. Dar scopul investigațiilor sale a fost „nu numai de a produce vidul, ci și de a crea un instrument care să arate schimbările aerului, când mai greu și mai dens, când mai ușor și mai fin”.



Fig. 16 Experiențele lui Torricelli și Viviani în care se demonstrează paradoxul hidrostatic, anul 1644 [42]



Fig. 17 Blaise Pascal (1623-1662)

Toricelli devine celebru și prin realizările sale în domeniul fizicii atmosferei. În lucrarea sa principală „Opera geometrica” („Operă de geometrie”), publicată la Florența în 1644, el scria [47]: „Noi ne aflăm la fundul unei imense mări de aer, care după cum este cunoscut din experiențe destul de convingătoare are greutate, fiind mai greu lângă suprafața Pământului, unde greutatea acestuia reprezintă a patrusutelele parte din greutatea apei”.

Dar ideile enunțate de Torricelli nu au fost acceptate de comunitatea științifică de atunci, deși prin experiențele sale fusese făcute două mari descoperiri. Rezultatele lui Torricelli în domeniul fizicii atmosferei și fizicii vidului au fost apreciate abia după moartea sa.

Astăzi, experimentul lui Torricelli este declarat a fi unul dintre experimentele științifice cheie ale științelor naturale. În cinstea realizărilor sale de excepție, unitatea de presiune milimetru coloană de mercur a fost numită torr, simbol Torr. Cunoscutul fizician și filozof austriac *Ernst Mach* (1838-1916) l-a numit pe Torricelli, în general, fondatorul hidrodinamicii, alături de Leonhard Euler și Daniel Bernoulli [44].

Vestea despre descoperirea presiunii atmosferice și a vidului a fost întâmpinată ostil de biserica catolică de la Roma, care a depus multe eforturi pentru a nega sau minimaliza aceste descoperiri, sistând orice activitate științifică în acest domeniu. Deoarece efectuarea experiențelor în Italia devenise o ocupație periculoasă, ele au continuat în Franța, unde biserica reformatoare ignora ordinele Papei de la Roma, și în Germania, unde se crease condiții favorabile pentru dezvoltarea științei și tehnicii.

Fără a minimaliza rolul fizicienilor italieni, dar mai ales al lui Torricelli, în dezvoltarea științei despre vid, este necesar să se menționeze că primul care a înțeles că aerul are greutate a fost totuși *Blaise Pascal* (1623-1662) (figura 17), un alt elev erudit al lui Galileo Galilei. Pascal aude de experiențele italianului de la compatriotul său *Marin Mersenne* (1588-1648), care vizitase Italia în 1644 și care studiase vidul între 1644-1648, fără să facă însă careva concluzii importante [43]. Impresionat de realizările științifice ale lui Torricelli, dar și de discuțiile purtate cu renumitul matematician francez René Descartes în problema existenței vidului, Pascal a efectuat, începând cu luna octombrie a anului 1646, un număr mare de experiențe, în care a măsurat presiunea atmosferică la diferite altitudini [48-50].

Primele sale măsurări barometrice au fost efectuate pe clopotnița bisericii Saint-Jacques din Paris, fiind ajutat de tatăl său și de matematicianul Pierre Petit. S-a constatat că la o altitudine de 52 m coloana de mercur din barometru este mai scurtă, fapt care i-a permis să deducă că presiunea atmosferică scade cu înălțimea. În cinstea acestui eveniment, autoritățile pariziene i-au ridicat alături de clopotniță un bust, care poate fi văzut și astăzi.

Încântat de acest prim mare succes, Pascal reia experiențele sale în orașul Rouen, unde pentru publicul curios de acolo a efectuat în 1647 mai multe experiențe barometrice, în care a măsurat presiunea atmosferică și a demonstrat existența vidului lui Torricelli [46, 48, 49]. Ca și Berti, Pascal și-a montat barometrul său pe fațada fabricii de sticlă din localitate (figura 18). Atunci când oponentii l-au contrazis, afirmând că vidul imaginat în partea de sus a barometrului este plin cu

aer rarefiat, el a folosit tuburi de diferite forme și dimensiuni, umplute cu diferite lichide, în special, apă și vin. Altă dată a ridicat barometrul pe clopotnița catedralei Boucherie din Rouen, obținând același rezultat.



Fig. 18 Barometrul lui Pascal de pe fațada fabricii de sticlă din Rouen, anul 1647 [46]



Fig. 19 Florin Périer împreună cu un grup de martori și prieteni pe vârful muntelui Puy-de-Dôme în ziua de 19 septembrie 1648 [51]

În august 1648 Pascal deduce că vidul există deasupra atmosferei. Tot atunci scrie lucrarea „*Nature does not abhor a vacuum*” („*Natura nu are oroare de vid*”), în care se poate găsi următorul pasaj [49, 52]: „*Natura nu are oroare de vid și nu se străduie să-l evite. Toate fenomenele care sunt legate de această oroare se produc datorită greutății și presiunii aerului, care și este unica cauză credibilă; necunoașterea acesteia a dus la inventarea ororii de vid pentru explicarea fenomenelor*”. Confirmarea existenței vidului a fost, fără îndoială, „*o lovitură de grație dată mecanicii lui Aristotel*” [7].

Fiind foarte atașat de experiențele lui Pascal, Descartes îi scria în iunie 1647 lui *Pierre de Carcavi* (aprox. 1600-1684), secretarul bibliotecii regale sub Ludovic al XIV-lea, despre experiențele lui Pascal: „*Eu am fost acela care l-am sfătuit acum doi ani să facă aceasta, de aceea, deși nu am participat eu însumi, nu m-am îndoit de succesul nostru ...*” [39], deși cu un an înainte, în urma unei dispute aprinse cu Pascal în problema existenței vidului, îi scria lui Huygens că Pascal „*... avea prea mult vid în capul său*” [24, 39].

Astăzi, cuvintele lui Descartes pot fi interpretate ca o ofensă adusă marelui său compatriot.

Pascal și-a continuat experiențele sale cu privire la existența vidului chiar și atunci când era grav bolnav, rugându-l pe cumnatul său

Florin Périer să efectueze măsurări barometrice la poalele și pe vârful muntelui Puy-de-Dôme, situat în apropierea localității Clermont-Ferrand și înalt de 1464 m (figura 19). Prin experiența efectuată în data de 19 septembrie 1648, în prezența a mai multor martori și prieteni, s-a constatat că la poalele muntelui, mai exact în grădina mănăstirii din aceeași localitate, înălțimea coloanei de mercur în barometrul lui Torricelli era 26 țoli parizieni, în timp ce pe vârful muntelui același barometru indica o înălțime de numai 23 țoli parizieni. Indicațiile barometrului pe vârful se deosebeau de cele luate la poalele muntelui cu 3 țoli parizieni sau 81 mm; pe atunci 1 țol parizian era echivalent cu 27,0 mm. În același timp, mare le-a fost surpriza să constate după revenirea de pe munte că în al doilea barometru, lăsat la poalele muntelui, înălțimea coloanei de mercur nu s-a modificat. Pentru a fi încrezuți de rezultatul obținut, experimentul a fost repetat a doua zi. De data aceasta măsurările barometrice au fost efectuate pe pământ și pe vârful turnului catedralei din localitate, înalt de 50 m, constatându-se o diferență a coloanei de mercur în barometrul lui Torricelli de aproximativ 4 mm. Astfel s-a demonstrat că atmosfera are greutate și că presiunea atmosferică depinde de înălțime. Pascal a rămas încântat de rezultatul obținut chiar în primele măsurări de succes ale presiunii atmosferice. Torricelli, din nefericire, nu s-a bucurat de triumful pe care l-a avut Pascal, deoarece murise cu un an mai înainte. În cinstea acestei mari descoperiri, unitatea de presiune contemporană a fost numită pascal, simbol Pa, încă la mijlocul secolului al XIX-lea. Experiențele lui Pascal sunt importante și prin faptul că pentru prima dată s-a demonstrat posibilitatea folosirii barometrului ca altimetru.

Experiențe similare a mai efectuat în anul 1648 medicul italian Claudii Beregardi, care ridicând barometrul lui Torricelli pe vârful turnului înclinat din Pisa, înalt de 56 m, a obținut același rezultat: micșorarea densității aerului și presiunii atmosferice cu înălțimea [29]. Cu regret, istoria ne-a lăsat prea puține mărturii despre măsurările barometrice ale medicului italian, cât și despre viața lui privată.

7. Crearea pompei de vid. Motorul cu praf de pușcă

În pofida descoperirii vidului, discuțiile în jurul problemei vidului au continuat. Următorul pas important în soluționarea acestei probleme l-a făcut *Otto von Guericke* (1602-1686) (figura 20), primar al orașului Magdeburg între anii 1645-1676. Principalele sale realizări științifice au fost crearea fizicii vidului și inventarea pompei de aer (figura 21).



Fig. 20 Otto von Guericke
(1602-1686)

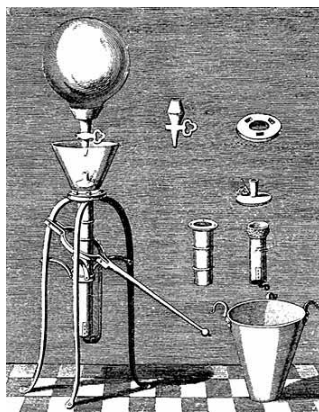


Fig. 21 Pompa de aer a lui
Otto von Guericke, anul 1654 [53]

Când a inițiat primele sale experiențe de producere a vidului, von Guericke știa doar de realizările lui Berti și Magnano. Despre acest lucru aflăm chiar din lucrarea lui „*Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*” („*Noile experimente din Magdeburg cu privire la spațiul gol*”) [53], publicată în limba latină la Amsterdam în 1672, în care descrie barometrul cu apă al lui Berti, cunoscut de autor după tratatul lui Gaspar Schott „*Mechanica hydraulico-pneumatica*” [54], adică „*Mecanica hidraulică și pneumatică*”, publicat în 1657. Tot de la Schott aflăm că primarul de Magdeburg era preocupat de invenția pompei de aer încă din anul 1640.

În prima sa experiență de la 1649 el a încercat producerea vidului prin pomparea directă a berii dintr-un butoi închis din lemn, folosind în acest scop o pompă a brigăzii de pompieri din Magdeburg (figura 22, a). Sub efectul presiunii aerului atmosferic butoiul a plesnit și atunci a ordonat confecționarea unei sfere mai rezistente din cupru (figura 22, b). Mare i-a fost mirarea când repetând experiența sfera a fost zdrobită brusc. Fenomenul de distrugere mecanică a celor două vase von Guericke l-a atribuit corect puterii presiunii aerului. Problema a fost soluționată prin construirea unei sfere cu pereții mai groși și de o formă mai exactă. Peste câteva zile de la eliminarea aerului din sferă el a constatat prezența acestuia în vas, în principal, prin etanșeitățile pistonului și supapelor. Pentru a evita pătrunderea aerului în interiorul sferei, el a construit o pompă de apă mai perfecționată, în care aceste două piese au fost sigilate, idee folosită astăzi în pompa de vid cu ulei.

După aceea, în anul 1654, a inventat o pompă de aer, pe care a numit-o *antlia pneumatica*, reușind să producă vid în vase mari prin metoda directă a pompării aerului. Pompa construită de von Guericke reprezenta în fond o pompă cu piston și era prevăzută cu robinete imersate în apă, pentru o mai bună izolare a vidului creat de aerul atmosferic. Cel mai mare dezavantaj al pompei consta în aceea că pentru acționarea pistonului și robinetelor era nevoie de trei oameni. Pompa de aer a lui von Guericke este considerată pe bună dreptate una dintre cele mai mari invenții tehnice ale secolului al XVII-lea, alături de ceasul cu pendul, termometru, barometru, microscop și telescop.

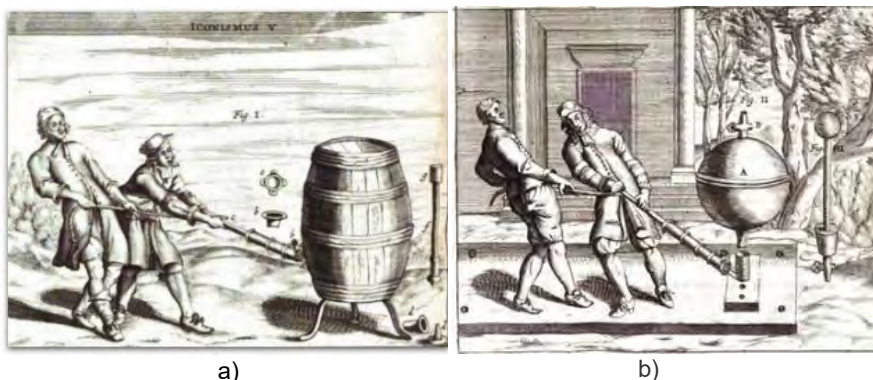


Fig. 22 Experiențele lui Otto von Guericke de producere a vidului prin metoda indirectă a pompării lichidului, anii 1649-1652 [53]:

a – dintr-un butoi închis ermetic; b – dintr-o sferă închisă ermetic

Otto von Guericke devine celebru și prin realizările sale în domeniul fizicii atmosferei. În lucrarea sa „*Experimenta nova (ut vocantur) Magdeburgica de vacuo spatio*” el scria [53]: „*Unii oameni de știință consideră drept cauză a ei (adică a presiunii atmosferice, nota autorilor) razele emanate de stele, care ajung la noi din toate direcțiile*”. Generalizând rezultatele sale experimentale, tot el concluziona [53]: „*Deoarece straturile inferioare de aer se comprimă mai puternic decât cele superioare și această deferență se observă nu numai pe munți înalți, dar și pe turnuri, rezultă că aerul se extinde nu departe de Pământ și că înălțimea lui este negliabilă în comparație cu distanța uriașă până la stele*”.

Otto von Guericke a fost, de asemenea, un mare promotor al realizărilor sale științifice, din care a tras numeroase foloase. În anul

1654 el a efectuat mai multe experiențe spectaculoase pentru Reichstagul German din Regensburg. La experiența din 8 mai 1654 a fost prezent și împăratul Ferdinand al III-lea; 15 cai de fiecare parte nu au putut separa emisferele. Cea mai renumită experiență a sa a avut loc în 1656, în orașul său natal Magdeburg, în care a demonstrat existența vidului, puterea presiunii aerului atmosferic, precum și noua tehnică de producere a vidului (figura 23). În această experiență, efectuată în prezența împăratului și a curții, el a scos aerul din două emisfere din cupru cu diametrul de 35,5 cm, lipite una de alta. Una dintre emisfere a fost prevăzută cu o supapă pentru evacuarea aerului, iar între emisfere a fost montată o garnitură inelară din piele îmbibată cu ceară și terebentină. Patru perechi de cai de fiecare parte nu au fost în stare să dezlipească emisferele. Mai târziu emisferele folosite în această experiență au fost denumite *emisferele din Magdeburg*. Experiența a fost repetată în anul 1663 (după unele surse bibliografice în 1661) în orașul Berlin, unde pentru separarea emisferelor au fost folosiți 24 de cai. În prezent, emisferele din Magdeburg se păstrează în Muzeul German din München. Ca o recunoaștere a meritelor sale de excepție la dezvoltarea fizicii și tehnicii vidului, Universitatea din Magdeburg a fost numită în cinstea lui, iar pe alea Altstadt a fost ridicată o statuie care simbolizează celebrul experiment al emisferelor [55]. Memoria marelui om de știință și inginer este cinstită și prin ample manifestații, care includ faimosul experiment petrecut acum 360 de ani.



Fig. 23

Faimosul experiment din Magdeburg, anul 1656 [42]

Prin experiențele sale von Guericke a spulberat definitiv mitul „*ororii de vid*” al lui Aristotel, determinându-l mai târziu pe John Bernal [7] să scrie că „*multe dintre marile realizări ale fizicii din vremea Renașterii, ca dinamica lui Galilei, precum și realizările științifice și*

tehnice de mai târziu, ca legile cu privire la comportarea gazelor și mașina cu abur, au luat ființă în procesul de răsturnare a acestei idei”.

Cu totul pe un alt principiu funcționează motorul cu praf de pușcă al lui Huygens. În anul 1678 celebrul matematician, astronom și fizician olandez *Christiaan Huygens* (1629-1695) își imaginează și descrie în lucrarea sa „*Machinae quaedam et varia circa mechanici*” („*Unele mașini și diverse despre mecanicieni*”) un motor cu ardere internă, care urma să fie alimentat cu praf de pușcă [56]. Așa cum este arătat în figura 24, a, motorul lui Huygens se compune dintr-un cilindru gol A, bine șlefuit, un piston mobil B, inserat în partea superioară a cilindrului și înconjurat de o mică cantitate de apă, două ferestre rotunde C, executate în partea superioară a cilindrului și fiecare având diametrul egal cu o jumătate din diametrul cilindrului, două tuburi din piele umedă și moale D pentru fixarea în spațiul ferestrelor a câte un cilindru mic (un tub este ilustrat prelungit, celălalt atârnat), un stop E pentru limitarea mișcării pistonului în interiorul cilindrului, un cablu F atașat la piston, un scripete G peste care trece cablul și o cutie mică H cu praf de pușcă, fixată pe stop cu un șurub. Între stop și cilindru se montează un inel din piele, pentru etanșeitatea cilindrului.

Explozia unei mici cantități de praf de pușcă în cilindru provoacă pe rând comprimarea aerului interior, evacuarea lui în exterior prin ferestrele ce se deschid sub acțiunea presiunii interioare, închiderea ferestrelor sub efectul presiunii atmosferice și formarea în cilindru a unui vid parțial, care conduce la coborârea pistonului în el. Testările din 1682 au demonstrat că un dram de praf de pușcă (1/256 dintr-un kilogram) într-un cilindru de șapte sau opt picioare înălțime (2,134-2,438 m) și cincisprezece sau optsprezece centimetri în diametru ar putea ridica în aer șapte-opt băieți (figura 24, b).

Dar din cauza unor dezavantaje de ordin tehnic, motorul cu praf de pușcă al lui Huygens a fost treptat abandonat și în prezent este important doar din punct de vedere istoric.

Prin descoperirea presiunii atmosferice și a vidului, cât și prin crearea barometrului și a pompei de aer, au fost create premise clare pentru dezvoltarea de mai departe a științei și tehnicii.

Pronunțându-se asupra importanței acestor mari realizări științifice și tehnice ale secolului al XVII-lea, profesorii americani David Halliday de la Universitatea din Pittsburgh și Robert Resnick de la Institutul Politehnic Rensselaer aveau să declare peste ani că „cu excepția telescopului, nici o altă descoperire științifică din secolul al XVII-lea nu a trezit curiozitatea și dorința de cunoaștere în așa măsură cum au făcut-o experiențele cu barometrul și cu pompa de aer” [52].

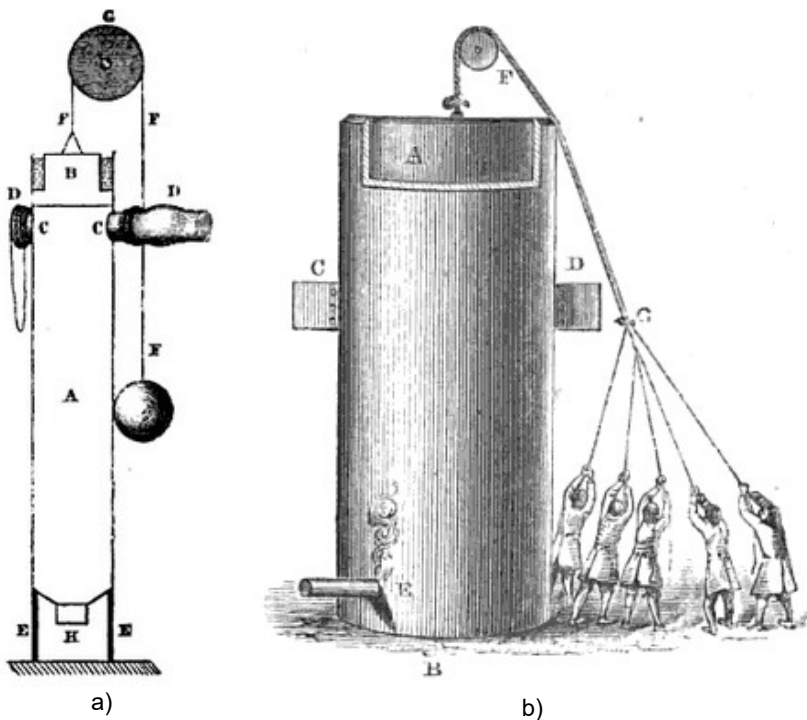


Fig. 24 Motorul cu praf de pușcă al lui Huygens, anul 1678 [56]:
 a – schema de principiu; b – demonstrația puterii motorului, anul 1682

Conf. Dr. Ing. Ion M. CERNICA
 Institutul de Fizică Aplicată al Academiei de Științe a Moldovei
 Universitatea Tehnică a Moldovei
 ion_cernica@yahoo.com

Conf. Dr. Ing. Iulian N. MALCOCI
 Universitatea Tehnică a Moldovei
 naimicmic@yahoo.com