



This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

- + *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
- + *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
- + *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
- + *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at <http://books.google.com/>



Informazioni su questo libro

Si tratta della copia digitale di un libro che per generazioni è stato conservata negli scaffali di una biblioteca prima di essere digitalizzato da Google nell'ambito del progetto volto a rendere disponibili online i libri di tutto il mondo.

Ha sopravvissuto abbastanza per non essere più protetto dai diritti di copyright e diventare di pubblico dominio. Un libro di pubblico dominio è un libro che non è mai stato protetto dal copyright o i cui termini legali di copyright sono scaduti. La classificazione di un libro come di pubblico dominio può variare da paese a paese. I libri di pubblico dominio sono l'anello di congiunzione con il passato, rappresentano un patrimonio storico, culturale e di conoscenza spesso difficile da scoprire.

Commenti, note e altre annotazioni a margine presenti nel volume originale compariranno in questo file, come testimonianza del lungo viaggio percorso dal libro, dall'editore originale alla biblioteca, per giungere fino a te.

Linee guide per l'utilizzo

Google è orgoglioso di essere il partner delle biblioteche per digitalizzare i materiali di pubblico dominio e renderli universalmente disponibili. I libri di pubblico dominio appartengono al pubblico e noi ne siamo solamente i custodi. Tuttavia questo lavoro è oneroso, pertanto, per poter continuare ad offrire questo servizio abbiamo preso alcune iniziative per impedire l'utilizzo illecito da parte di soggetti commerciali, compresa l'imposizione di restrizioni sull'invio di query automatizzate.

Inoltre ti chiediamo di:

- + *Non fare un uso commerciale di questi file* Abbiamo concepito Google Ricerca Libri per l'uso da parte dei singoli utenti privati e ti chiediamo di utilizzare questi file per uso personale e non a fini commerciali.
- + *Non inviare query automatizzate* Non inviare a Google query automatizzate di alcun tipo. Se stai effettuando delle ricerche nel campo della traduzione automatica, del riconoscimento ottico dei caratteri (OCR) o in altri campi dove necessiti di utilizzare grandi quantità di testo, ti invitiamo a contattarci. Incoraggiamo l'uso dei materiali di pubblico dominio per questi scopi e potremmo esserti di aiuto.
- + *Conserva la filigrana* La "filigrana" (watermark) di Google che compare in ciascun file è essenziale per informare gli utenti su questo progetto e aiutarli a trovare materiali aggiuntivi tramite Google Ricerca Libri. Non rimuoverla.
- + *Fanne un uso legale* Indipendentemente dall'utilizzo che ne farai, ricordati che è tua responsabilità accertarti di farne un uso legale. Non dare per scontato che, poiché un libro è di pubblico dominio per gli utenti degli Stati Uniti, sia di pubblico dominio anche per gli utenti di altri paesi. I criteri che stabiliscono se un libro è protetto da copyright variano da Paese a Paese e non possiamo offrire indicazioni se un determinato uso del libro è consentito. Non dare per scontato che poiché un libro compare in Google Ricerca Libri ciò significhi che può essere utilizzato in qualsiasi modo e in qualsiasi Paese del mondo. Le sanzioni per le violazioni del copyright possono essere molto severe.

Informazioni su Google Ricerca Libri

La missione di Google è organizzare le informazioni a livello mondiale e renderle universalmente accessibili e fruibili. Google Ricerca Libri aiuta i lettori a scoprire i libri di tutto il mondo e consente ad autori ed editori di raggiungere un pubblico più ampio. Puoi effettuare una ricerca sul Web nell'intero testo di questo libro da <http://books.google.com>

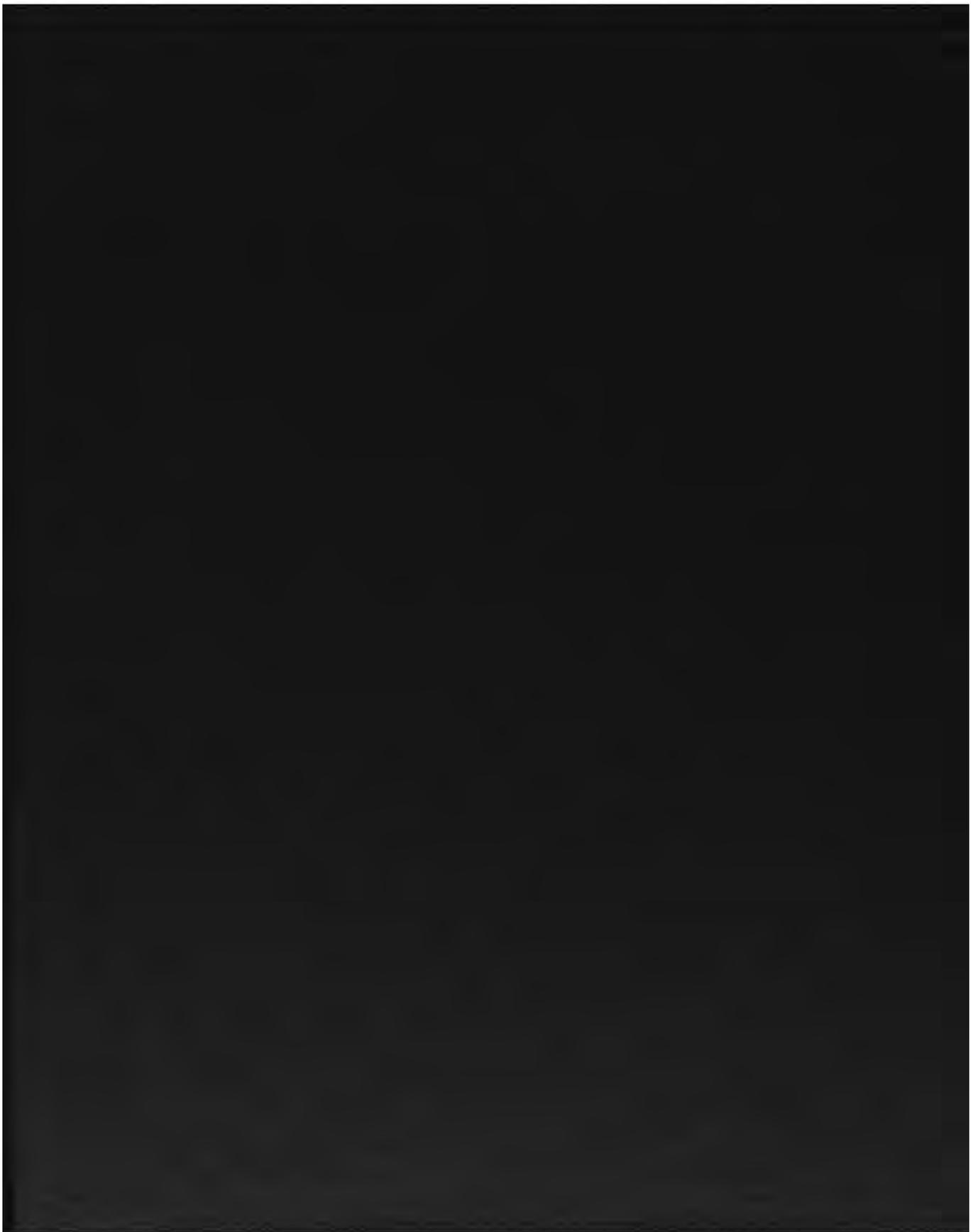


From the
Fine Arts Library
Fogg Art Museum
Harvard University











FA 3876.28

TRANSFERRED TO
FINE ARTS LIBRARY



Harvard College Library

BOUGHT WITH INCOME

FROM THE REQUEST OF

HENRY LILLIE PIERCE

OF BOSTON

Under a vote of the President and Fellows,
October 24, 1896

LEONARDO DA VINCI

ED

I PROBLEMI DELLA TERRA

BIBLIOTECA VINCIANA — N. 1.

MARIO BARATTA

LEONARDO
DA VINCI

ED

i Problemi della Terra „



TORINO
FRATELLI BOCCA, EDITORI

LIBRAI DI S. M. IL RE D'ITALIA

MILANO — ROMA — FIRENZE

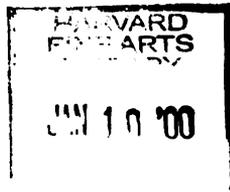
—
1903.

FA 3876.28

EDIZIONE DI 400 ESEMPLARI NUMERATI

Esemplare N. 156.

PROPRIETÀ LETTERARIA



FAS / FA

Premiato Stabilimento Tipografico VINCENZO BONA - Torino (9044)

ALLA VENERATA MEMORIA
DI MIO PADRE

Voghera, giugno 1902.



INDICE

INTRODUZIONE	<i>pag.</i>	IX
CAP. I. Il Cielo	"	I
" II. La forma e la posizione della Terra	"	25
" III. La rotazione della Terra	"	32
" IV. Le dimensioni della Terra.	"	37
" V. Il livello del mare e l'altezza delle montagne	"	56
" VI. L'organismo tellurico	"	76
" VII. L'atmosfera	"	80
" VIII. Le acque meteoriche	"	87
" IX. L'interna circolazione delle acque	"	97
" X. Le acque correnti	"	126
" XI. I laghi	"	142
" XII. Il mare	"	155
" XIII. I moti del mare	"	167
" XIV. I vulcani ed i terremoti	"	191
" XV. La formazione dell' " humus "	"	204
" XVI. L'orogenesi e la stratigrafia	"	206
" XVII. I fossili	"	221
" XVIII. Le trasformazioni dei paesaggi terrestri	"	241
" XIX. La profezia	"	260

APPENDICE

I. Gli elementi	<i>pag.</i>	267
II. L'armonia delle sfere	"	268
III. La scintillazione delle stelle	"	270
IV. Un passo della " Prospettiva " di Giovanni Pecckham ed una nota vinciana	"	272
V. La luna	"	274
VI. Il centro del globo terracqueo	"	279

VII. Sugli Odometri e Solcometri	<i>pag.</i> 281
VIII. Pensieri di Leonardo da Vinci sul problema dell'interna circolazione delle acque	" 290
IX. Il disastroso terremoto di Rodi del 1481	" 292
X. Girolamo Fracastoro ed i fossili	" 295
XI. Pensieri di Leonardo da Vinci sopra i fossili	" 297
XII. Le trasformazioni del Valdarno secondo G. Villani	" 306
XIII. Manoscritti di Leonardo da Vinci citati nel presente volume	" 307

Indice dei nomi e degli autori citati	<i>pag.</i> 315
---	-----------------





INTRODUZIONE

« Nel prender a meditare su quei monumenti dell'antico sapere, ispiriamoci, o lettore, a quel rispetto ed a quella venerazione che si devono avere per coloro, che, precedendoci in un'ardua strada, ne hanno a noi aperto ed agevolato il cammino. Con questi sentimenti impressi nell'animo ben ci avverrà d'incontrare osservazioni imperfette e speculazioni lontane dalla verità come oggi è conosciuta: ma non troveremo mai nulla nè di assurdo, nè di ridicolo, nè di ripugnante alle regole del sano ragionare. Se oggi noi, tardi nipoti di quegli illustri maestri, approfittando dei loro errori e delle loro scoperte, e salendo in cima all'edificio da loro elevato, siamo riusciti ad abbracciare collo sguardo un più vasto orizzonte, stolta superbia nostra sarebbe il credere per questo d'aver noi la vista più lunga e più acuta della loro. Tutto il nostro merito sta nell'essere venuti al mondo più tardi ».

G. V. SCHIAPPARELLI.

FINO dal 1897 iniziai le ricerche per un lavoro su Leonardo da Vinci geologo: le poche pagine scritte a tal riguardo dal Venturi e dal Libri, mi avevano rivelata l'alta importanza delle speculazioni vinciane intorno ai problemi scientifici della terra, e spronato allo studio diretto dei manoscritti pubblicati. Le note ricavate sarebbero però rimaste ancora per qualche tempo allo stato di semplici e disordinati appunti, se nell'ultimo Congresso geografico italiano, apertosi in Milano il 10 aprile 1901, non avessi avuto occasione di tenere una conferenza intorno a Leonardo da Vinci e la Geografia Fisica, nella quale cercai di riassumere brevemente la parte essenziale di quanto trovasi esposto nel presente volume.

I manoscritti di Leonardo, sparsi in diverse biblioteche d'Europa, come tutti sanno, racchiudono promiscuamente note, osservazioni, pensieri, risultati di esperienze, appunti vari che il Grande forse giornalmente consegnava alle carte, sperando poi — come Egli stesso dice — di poter un giorno riordinare gli sparsi brani in vari trattati organici:

« Cominciato in Firenze in casa di Piero di Braccio Martelli, addì 22 di marzo 1508, e questo fia un raccolto senza ordine, tratto di molte carte le quali io ho qui copiate sperando poi metterle per ordine alli lochi loro, secondo le materie di che esse tratteranno, e credo che avanti ch'io sia al fine di questo, io avrò a replicare una medesima cosa più volte, sì chè, lettore, non mi biasimare, perchè che le cose son molte e la memoria non le può riservare e dire, questa non voglio scrivere perchè dinanzi la scrissi: e se io non volessi cadere in tale errore, sarebbe necessario che per ogni caso ch'io volessi copiare, sicchè per non replicarlo, io, avessi senpre a religere tutto il passato, e massime stante co' lunghi intervalli di tempo allo scrivere da una volta a un'altra » (1).

Io stesso in varie occasioni ò espresso l'avviso che la ricostruzione dei singoli trattati in cui verranno divise le note vinciane, e lo studio delle medesime non potrà essere fatto in modo esauriente, se non quando tutti i manoscritti saranno nella loro integrità ed in fac-simile resi di pubblica ragione. Ma se la stampa dei codici che si trovano nelle biblioteche di Francia è stata per opera del Ravaisson Mollien già da tempo compiuta (1881-1891) con la correttezza di metodo che noi tutti ammiriamo; se quello conservato nella biblioteca *Trivulzio* fu già trascritto e riprodotto a cura di Luca Beltrami (1891), e dell'*Atlantico* — per dire solo dei maggiori — volge

(1) Manoscritto *Br. M.*, fol. 1 recto. — RICHTER, I, § 4.

omai al termine la pubblicazione, la edizione dei manoscritti conservati nelle biblioteche e musei d'Inghilterra lentamente procede per ragioni estranee al Prof. Piumati, che, in modo veramente ammirabile, ne fa la trascrizione e ne cura la stampa. Questo dico perchè non è il caso di prendere in serio esame quei volumi che attualmente pubblica l'editore Edoardo Rouveyre di Parigi, nei quali, i singoli foglietti, non si sa da chi, riordinati per materia, senza indicazione del codice da cui sono estratti, e senza alcuna trascrizione, vengono impressi sopra una carta, che mentre a prima vista appare un perfetto fac-simile dei fogli originali, per la sua ruvidezza rende oltremodo difficile la lettura ed in certi luoghi del tutto impossibile: oltre a ciò le sbavature artificialmente prodotte ai bordi dei fogli troncano irreparabilmente le parole finali di quasi tutte le linee.

Ora, non potendo noi conoscere le intere dottrine vinciane relative alle scienze della terra, e dato che il pensiero di Leonardo, in questo, come in tutti i rami della vasta sua enciclopedia, risulta oscillante e spesso contraddittorio, certuno disapproverà il presente studio, ritenendolo del tutto intempestivo. A costoro soggiungo che, siccome per quanto è detto, passeranno ancora molti anni prima che l'intiera opera del Vinci possa essere pubblicata, il presente non può essere considerato che un modesto saggio, il quale in successive edizioni, se avrà la fortuna di poterne avere, verrà aggiornato ed emendato.

Io non è fatto altro che trascogliere dai vari manoscritti editi quei passi che riflettono l'oggetto dei miei speciali studi, e riordinare le sparse annotazioni in modo da formare una specie di trattato organico. Qua e là, quando mi parve opportuno, è istituito raffronti fra le teoriche sostenute da Leonardo e quelle propugnate da altri scrittori, soffermandomi

in modo speciale a Ristoro d'Arezzo, le cui dottrine rappresentano un complesso abbastanza omogeneo ed importante. Ma perchè coloro che si occupano di studi geologici (e questa pubblicazione ai cultori di questa scienza è destinata) difficilmente hanno la possibilità di aver a disposizione le riproduzioni dei manoscritti vinciani — le quali per l'alto lor prezzo, difficilmente si trovano nelle nostre biblioteche, fornite di dotazioni affatto insufficienti — ed il tempo di compulsare la grande ma informe mole delle annotazioni di Leonardo, così è pensato bene di inserire *per extenso* o nel contesto, o nelle appendici i passi citati (1).

Se la lettura è così resa meno agevole, e, diciamolo pure, assai meno attraente, tali inconvenienti vengono compensati da vantaggi di gran lunga più importanti. Ognuno, rileggendo i passi originali, potrà farsi un esatto concetto del pensiero vinciano; rilevare gli errori di interpretazione, in cui potrei essere involontariamente caduto; sciogliere certi dubbî rimasti, e mettere in evidenza nuove idee a me sfuggite.

Per parte mia è cercato di essere uno imparziale espositore del pensiero del nostro Grande e di rifuggire da ogni e qualunque amplificazione.

Giustamente, osserva il Muntz, Leonardo rappresenta la più alta personificazione dell'alleanza dell'arte con la scienza. Fra l'una e l'altra di queste manifestazioni del genio umano lungo è il cammino, e da quella a questa il nostro Grande è passato, attraverso uno studio indefesso e ad una preparazione grandissima. Ne' suoi scritti, nelle sue opere si scorge il processo di

(1) Nella Appendice XIII trovasi l'elenco dei manoscritti da cui vennero estratti i brani riportati nel presente studio.

Le abbreviazioni del nome dei vari codici usate nelle note corrispondono a quelle ivi adoperate.

evoluzione mentale che da sommo artista à condotto Leonardo al posto di sommo scienziato.

In altro mio scritto di prossima pubblicazione ò svolto ampiamente questo concetto: per non ripetermi, qui solo dirò che dallo studio della figura umana e da quello intrapreso per la modellatura della grande statua equestre dello Sforza, Leonardo fu condotto ad occuparsi della anatomia dell'uomo e di quella del cavallo: che dall'architettura Egli è passato allo studio della scienza delle costruzioni, dalla prospettiva lineare alla geometria, dalla prospettiva pittorica alle ricerche sui colori, sull'ottica, sul meccanismo della visione, ecc., ecc.

Come tutti sanno, il precipuo elemento che serve a dare una determinata intonazione ad un paesaggio si è la morfologia della crosta, cioè la forma dei rilievi, dei passi, delle valli, dipendente da diversi fattori, vale a dire dalla altitudine, dalla tectonica, dalla costituzione delle rocce, dalla degradazione meteorica, fattori tutti poi della qualità e della ricchezza della vegetazione.

Le pianure, gli altopiani, le profonde forre, le cime candide di neve, i colli mollemente ondulati, i caratteristici coni dei vulcani, le tozze forme mammellonari e prismatiche delle colate basaltiche, le esili e lavorate guglie delle montagne dolomitiche, gli orridi scoscendimenti, i calmi specchi dei laghi, i ghiacciai lentamente moventisi con il corteo delle loro morene, le creste ora pianeggianti ed ora scoscese, offrono una gradazione infinita di paesaggi passanti dal bello sublime al bello orrido. Ora nello studio e nella analisi di questo paesaggio noi troviamo un nuovo tratto di unione fra l'arte e la scienza, cioè fra la pittura e le scienze geologiche, intorno alle quali Leonardo à portato il largo contributo dell'acuto suo ingegno, dell'immenso suo spirito di osservazione, della genialità di vedute, della retta interpretazione dei grandi fenomeni di cui

è stata ed è tuttora campo la superficie della terra, studi tutti ritenuti dal Vinci di grande importanza, perchè, come Egli dice, « la cognizione del tempo preterito e del sito della terra è ornamento e cibo delle menti umane » (1).

(1) Codice Atlantico, fol. 365 verso (= 1141 verso). — RICHTER, II, § 1167.





CAPITOLO I.

Il Cielo.

Gli elementi. — Ristoro d'Arezzo. — Paolo Toscanelli e Lorenzo Bonincontri. — Gli strumenti ottici d'ingrandimento e la determinazione del tempo. — La scintillazione delle stelle. — Cecco d'Ascoli e l'« Acerba ». — Fazio e Gerolamo Cardano. — Il sole, sua grandezza. — La luna e la sua costituzione: pensieri di Plutarco e di Leonardo; le macchie, la luce cinerea e l'irradiazione lunare.

I.

NON è mio intendimento di tessere una esposizione completa delle dottrine astronomiche che si rinven-
gono qua e là abbozzate nei manoscritti leonardiani: reputo però necessario ricordare alcune idee, che si riattaccano direttamente alla trattazione del nostro argomento.

Seguendo Aristotele, Leonardo accetta la distinzione dei quattro elementi fondamentali, quantunque già si intravedano differenze specifiche fra la concezione dello Stagirita e quella propugnata dal nostro Grande (1). Egli però, mentre ammette la tramutazione di questi elementi l'uno nell'altro (2), nega

(1) Vedi per i particolari: SOLMI E., *Studi sulla filosofia naturale di Leonardo da Vinci* [pagg. 85-90]. Modena, 1898.

(2) « Convertansi li elementi l'uno nell'altro..... ».
Codice Atlantico, fol. 169, recto a.

che essi abbiano le figure volute da Platone (1) e, con la guida delle leggi sulla propagazione dei suoni e sull'attrito, combatte l'armonia pitagorica delle sfere, già pure oppugnata da Ristoro d'Arezzo (2).

In questo lavoro avrò spesso occasione di accennare le teoriche sostenute da costui, e di raffrontarle con quelle contenute nei frammenti vinciani. L'opera del frate aretino, *La composizione del mondo*, secondo afferma lo stesso suo Autore, venne scritta, o per lo meno ultimata, nel 1282; essa racchiude la più vasta e dotta somma cosmologica del tempo, nella quale, in mezzo a scorie, si ritrovano ottime idee, che si possono considerare come i germi delle moderne teorie: germi che però andarono smarriti nei tempi posteriori, ma che forse allora costituivano il patrimonio scientifico delle più elevate intelligenze.

Quantunque non sia stata resa di pubblica ragione a mezzo della stampa, che sul principio della seconda metà del passato secolo, pur tuttavia si può arguire che fosse abbastanza conosciuta dai dotti: da recenti raffronti fatti dal chiaro dantologo, il Moore (3), pare non improbabile che anche l'Allighieri abbia attinto all'accennata opera scritta da un suo presso che contemporaneo, essendo Ristoro fiorito fra il 1239 ed il 1282.

*
* *

Leonardo da Vinci non è un astronomo di professione nel significato moderno della parola: pur tuttavia lo spirito suo, entusiasta per il bello, per il buono e per il vero, certamente

(1) Manoscritto F., fol. 27 recto. — Vedi Appendice I.

(2) Manoscritto F., fol. 56 verso.

RISTORO D'AREZZO, *La composizione del mondo*. Testo italiano del 1282, pubblicato da Enrico Narducci [pag. 157]. Roma, Tipografia delle Scienze matematiche e fisiche. MDCCCLIX. — Vedi Appendice II.

(3) DOTT. EDOARDO MOORE, *L'autenticità della " Quaestio de aqua et terra "*, [in] " Biblioteca storico-critica della Letteratura Dantesca ", XII. Bologna, Zanichelli, 1899.

non à potuto resistere alla seduzione che desta il cielo, ove la più alta poesia del sentimento si fonde con le speculazioni più sublimi della scienza (1). Forse Egli, attratto dalla fama e dall'universal rispetto che Firenze tutta tributava a Paolo Toscanelli (1397-1482), l'eccellentissimo in tutte le discipline — come ci attestano gli scrittori del tempo —, colui che avviò l'astronomia sulla strada feconda della osservazione, assistette a qualcuno di quei colloqui, nei quali il venerato cosmografo, l'iniziatore della scoperta dell'America, ai pochi intimi ammessi, spiegava i concetti scientifici su la terra, risultanti dalla inchiesta paziente da lui compiuta e dalla profonda elaborazione dei dati e delle notizie faticosamente raccolte (2).

Con tutta probabilità poi Leonardo ebbe pure occasione di frequentare le lezioni che Lorenzo Bonincontri (1409-1492 circa) iniziò nello studio fiorentino circa l'anno 1475, nelle quali il dotto San Miniatese spiegava i concetti astronomici contenuti nel poema di Manilio: lezioni oltremodo frequentate, cui accorrevano i dotti d'ogni parte d'Italia, ed alle quali è giocoforza riconoscere una grandissima influenza — come

(1) Il Vasari a tal proposito scrive: ".....tanti furono i suoi capricci che filosofando delle cose naturali attese a intendere le proprietà delle altre, continuando ed osservando il moto del cielo, il corso della luna e l'andamento del sole.....".

VASARI G., *Le Vite* (1878-85), Vol. VI, pag. 47.

(2) Con probabilità a Paolo Toscanelli allude Leonardo nel seguente passo: "Disse Paolo che nessun strumento che move un altro....." (Manoscritto I, fol. 28 recto), e con tutta certezza in quest'altro: "Quadrante di Carlo Marmocchi, messer Francesco Araldo, ser Benedetto da Cieparello, Benedetto de l'Abbaco, Maestro Pagolo medico, Domenico di Michelino, el Calvo de li Aliberti, messer Giovanni Argiro-bolo" (Codice Atlantico, fol. 12 verso a), tutti toscani, fuorchè l'ultimo, l'illustre ellenista (1416-86), che insegnò a Firenze dal 1456 al 1471.

Sul Toscanelli ricorderò solo la colossale opera, vero monumento di erudizione e di critica scientifica, del professore Gustavo Uzielli: *La vita ed i tempi di Paolo Dal Pozzo Toscanelli, ricerche e studi di GUSTAVO UZIELLI, con un capitolo (VI) sui lavori astronomici del Toscanelli di GIOVANNI CELORIA* [in] "Raccolta di documenti e studi pubblicati dalla R. Commissione Colombiana", ecc. Parte V, vol. I, Roma, 1894.

dimostrò l'Uzielli (1) — nel divulgare le idee sulla abitabilità degli antipodi, ed a maggiormente diffondere le concezioni toscanelliane.

È forse in quei convegni, ed è forse per effetto di quelle lezioni, che lo spirito del Vinci — che già nella pittura, al dire del Vasari, aveva acquistata tanta eccellenza — subì i primi accenni a quell'orientamento intellettuale, che doveva tramutare nella maturità il grande artista in geniale filosofo della natura, in scienziato per i suoi tempi senza pari.

Ma, data l'indole della mente di Leonardo, dato il genere di vita che fu costretto condurre, ben si comprende come Egli non abbia potuto dedicarsi esclusivamente, e con la efficacia che vedremo in altre scienze, alla astronomia, senza tuttavia trascurare tali ricerche, delle quali i manoscritti suoi ci porgono molteplici e copiose testimonianze.

*
**

Il metodo sperimentale lo portò ad ideare strumenti di ingrandimento: « fa occhiali da vedere la luna grande » (2), lasciò scritto in una sua annotazione. Forse con il loro sussidio Egli poté esaminare più accuratamente che non gli altri, la superficie della luna e ritrarre disegni delle macchie caratteristiche che essa presenta (3).

Già fin dal 1797 il Venturi nel suo *Essai* ebbe a richiamare l'attenzione degli studiosi su l'artificio usato dal Vinci per correggere la diminuzione degli oggetti lontani, scrivendo: « Il est possible de faire en sorte que l'œil voie les objets éloignés, sans qu'ils souffrent toute la diminution de grandeur qui leur est causée par les loix de la vision. Cette diminution provient

(1) Intorno a Lorenzo Bonincontri cfr. GUSTAVO UZIELLI: *Toscanelli* (1894), pag. 530 e seguenti.

(2) Codice Atlantico, fol. 190 recto a (102).

(3) Manoscritto *Br. M.*, fol. 19 recto. — Vedi pag. 22 del presente.

des pyramides de l'image des objets qui sont coupées à angle droit par la sphéricité de l'œil. Dans la fig[ure], on voit qu'on peut couper ces pyramides d'une autre manière au-devant de la prunelle. Il est bien vrai que la prunelle nous découvre tout l'hémisphère à la fois: l'artifice que j'indique ne découvrira qu'un astre. Mais cet astre sera grand: la lune aussi deviendra plus grande, et nous connoîtrons mieux la figure de ses taches » (1).

Ed a questo proposito il fisico reggiano cita un passo contenuto nel foglio 15^{mo} del manoscritto *E*, conservato nella Biblioteca dell'Istituto di Francia, passo che sarà meglio, per comodità del lettore, riprodurre integralmente:

« *Prospettiva.*

« Possibile è fare che l'occhio non veda le cose remote molto diminuite, come fa la prospettiva naturale, le quali le diminuiscano mediante la curvità dell'occhio, che è costretto a tagliare sopra di se le piramidi di qualunque spezie [che] viene all'occhio, infra angoli retti sperici. Ma l'arte che [i]o insegno qui in margine, taglia esse piramidi con angoli retti vicino alla superficie di tal popilla. Ma la convessa popilla dell'occhio piglia sopra di se tutto il nostro emisferio, e questa mostrerà solo una stella: ma dove molte piccole stelle si ricevano per similitudine nella superficie della popilla, le quali stelle son minime, qui se ne dimostrerà una sola stella, ma fia grande: E così la luna di maggiore grandezza, e le sue macule di più nota figura. A questo nostro occhio si debbe fare un vetro pieno di quell'acqua, di che si fa menzione nel 4 del libro 113 delle cose naturali, la quale acqua fa parere



(1) *Essai sur les ouvrages physico-mathématiques de Léonard de Vinci, avec des fragments tirés des manuscrits apportés de l'Italie: lu à la première Classe de l'Institut National des Sciences et Arts, par J. B. VENTURI, ecc. A Paris, chez Duprat, ecc. An V (1797). — Cfr. § XI, De la vision [pagg. 23-24].*

spogliate di vetro quelle cose che son congelate nelle palle del vetro cristallino » (1).

Il sistema proposto da Leonardo, quantunque riposi sovra un principio ben differente da quello che serve di base ai veri cannocchiali a lenti, mostra come il suo inventore sia riuscito a trarre partito di quei principî sulla propagazione delle onde, di cui spesso troviamo accenni ne' suoi manoscritti.

Quantunque qui non sia il luogo adatto per discutere sulla invenzione del cannocchiale, pur tuttavia per la speciale importanza della cosa, e per il nome cui l'invenzione è anche legata, nome che in altri paragrafi ricorderemo con sommo onore, non voglio omettere di accennare come Fracastoro (1478-1553) nei suoi *Omocentrici*, pubblicati nel 1538, abbia fatto pure un cenno ad occhiali d'ingrandimento applicabili specie a studî selenografici e stellari.

« Per dua specilla ocularia si quis perspiciat altero alteri superposito, maiora multo & propinquiora videbit omnia » (2).

« Quin imo quaedam specilla ocularia fiunt tantae densitatis, ut si per ea quis aut lunam, aut aliud syderum spectet, adeo propinqua illa iudicet, ut ne turres ipsas excedant » (3).

*
**

Oltre alla mancanza, o per lo meno alla insufficienza, di strumenti ottici di ingrandimento, un altro scoglio, direi quasi insormontabile, doveva paralizzare il progresso delle discipline astronomiche: la imperfezione dei mezzi in uso per la misura del

(1) Manoscritto E., fol. 15 verso.

(2) *Hieronymi Fracastorii | Homocentrica | Eiusdem de Causis critico | rum dierum per ea | quae in nobis | sunt.* = Cum gratia per annos decem | MDXXXVIII (Nel foglio 73 [errato 78] recto: Venetiis MDXXXVIII). — Vedi Sect. II. cap. VIII, carta 18 verso.

(3) H. FRACASTORII, *Homocentrica* (1538), Sect. III, cap. XXIII, carta 53 recto [errato 58].

tempo, la cui esattezza è condizione essenziale per siffatte ricerche.

Leonardo comprese l'importanza massima di tale problema, e s'industriò di scioglierlo in modi diversi: infatti ne' suoi manoscritti troviamo molti tentativi diretti al perfezionamento degli orologi, e fra questi uno contenuto nel Codice Atlantico pare illustri una vera disposizione di orologio a pendolo, o per lo meno, come osserva Gilberto Govi (1), accenni ad un congegno che doveva differirne ben poco.

*
**

Ricorderò di passaggio che Leonardo non trascurò di rivolgere la sua attenzione al fenomeno della scintillazione delle stelle, uno dei più bei spettacoli che, anche all'occhio dei profani, presenta la contemplazione dei cieli. Tale fenomeno Egli ritenne — come d'altronde Ristoro — dovuto non alla stella in sè, ma all'occhio. Per gli opportuni raffronti, nell'Appendice (2) darò i passi testuali; qui mi accontenterò di aggiungere come Cecco d'Ascoli, nell'*Acerba*, abbia ritenuto la scintillazione una pura illusione ottica dovuta alla lontananza delle stelle, e Cardano l'attribuisse a correnti atmosferiche che sembrano far tremolare gli astri, siccome l'acqua corrente sembra far tremolare le pietruzze del ghiareto di un ruscello.

(1) G. Govi, *Leonardo letterato e scienziato* [in] Saggio delle opere di Leonardo Da Vinci ecc. [pag. 20]. Milano, MDCCCLXXII.

Mentre nel Codice Atlantico (fol. 249 verso a) l'ora viene divisa in *punti e minuti*, altrove scrive:

" Fa che un ora sia divisa in 3000 parti e questo farai coll'orologio alleggerendo o aggravando il contrapeso „ (Manoscritto *Br. M.*, fol. 191 recto. — RICHTER, II, § 918).

" Un'ora è 1080 tenpi..... „ (Manoscritto *F.*, fol. 48 verso).

" Un'ora e [2?] 300 tempi armonici „ (Codice Atlantico, fol. 218 verso b).

(2) Manoscritto *F.*, fol. 25 verso.

RISTORO d'AREZZO, *La Composizione ecc.* (1859), pag. 148. Cfr. Appendice III.

*
**

Due nomi ò avuto or ora occasione di ricordare: Cecco d'Ascoli e Gerolamo Cardano.

Francesco Stabili, più che con questo, noto con il nome di Cecco d'Ascoli, fu spento dal rogo nel 1347; nel suo poema, l'*Acerba* (1), che ebbe numerose edizioni nel secolo XV e XVII, mostra idee arditissime, che spesso porremo in raffronto con il pensiero vinciano. In un lungo elenco di libri e di autori, contenuto in un foglio del Codice Atlantico (2) illustrato dal dotto bibliofilo, il conte Gerolamo d'Adda (3), si trova appunto menzionato l'infelice pensatore ascolano, alle cui dottrine Leonardo sembra aver attinto, come avrò occasione di accennare nel corso del presente studio, e come à dimostrato rispetto alle note zoologico-morali Gerolamo Calvi in un suo recente e diligentissimo raffronto (4).

Leonardo ne' suoi manoscritti ricorda spesso Fazio Cardano (1444-1524), uomo di vasta dottrina « amatore di varietà negli studj, però colla più decisa preferenza pei libri d'Euclide » (5) come lo caratterizza suo figlio Gerolamo. Per tale speciale attitudine alle matematiche ed anche forse perchè messer Fazio,

(1) *Lo illustro poeta CECCO ASCOLI: con el comento nolualmente trovato & nobilmente historiato: revisto: & emendato: & da molta in-correctione extirpato, & da antiquo suo uestigio exemplato. &c.* — [A carte 100 r. in fine]. Impresso in Venetia per Marchio Sessa & Piero di rauani Bersano Compagni nelano del Signore MCCCCCXVI.

La presente edizione è quella sempre citata in questo studio.

(2) Codice Atlantico, fol. 210 recto a.

(3) *Leonardo da Vinci e la sua libreria*, note di un Bibliofilo. Milano, MDCCCLXXIII, G. Bernardoni.

(4) CALVI GEROLAMO, *Il Manoscritto H di Leonardo da Vinci, Il " Fior di virtù " e l' " Acerba " di Cecco d'Ascoli*. [in] Archivio storico Lombardo, Anno XXV, fasc. XIX, Milano, 1898.

(5) *Vita* di GIROLAMO CARDANO, Milanese..... scritta da lui medesimo in idioma latino e recata nel volgar italiano dal Sig. Dottor VINCENZO MANTOVANI. Cap. III [pag. 9]. Milano, G. B. Sonzogno, MDCCCXXI.

quale emendatore dei *Commentari di Prospettiva* di Giovanni Pecckham (1), si interessava delle questioni di ottica, tanto care a Leonardo, si strinsero relazioni non solo scientifiche, ma eziandio personali fra l'erudito giureconsulto milanese ed il sommo artista fiorentino, come ci lasciano intravedere alcune note manoscritte:

« Fatti mostrare [d]a Messer Fazio *de proportione* » ed ancora « Le proporzioni d'Alchino colle considerazioni di Marliano da messer Fazio » e « il libro di Giovanni Taverna che à messer Fazio (2).

Gerolamo Cardano, parlando di suo padre, ricorda che « l'uguaglianza.... delle applicazioni e dei costumi valse rendergli eziandio famigliare un fabbro ferraio: ed è quel desso che scoperse la chiocciola d'Archimede, quando non ancora si conoscevano d'Archimede le opere; che trovò il modo, per cui flessibili rendere i brandi, ed atti ciò non di meno a spaccare metalli, quasi ugualmente che il legno: e che inventò (ciò che più ancora sorprende) corazze di ferro suscettivo di resistere alle palle degli schioppi, quali si usano dai soldati legionari. Quantunque fanciullo di pochi anni, ho però assistito alle prove di questi busti, ed ho meravigliato com'ei sostenessero l'urto replicato delle palle in maniera, che il quinto colpo appena lasciava nel sito percosso e ripercosso la traccia di una lieve scalfitura » (3).

Ora siccome Gerolamo Cardano nacque nel settembre 1501 e Leonardo ritornò a Milano nel giugno 1506 — allorquando Carlo d'Amboise governava il ducato in nome del re di Francia — per restarvi, sia pure interpolatamente, fino al settembre 1513, epoca della sua partenza per Roma, qualcuno nell'intelligente fabbro sopra ricordato, à voluto intrav-

(1) Quest'opera fu certamente nota a Leonardo, giacchè un passo contenuto nel Codice Atlantico (fol. 203 recto *a*) non è altro se non la traduzione letterale della introduzione alla *Prospettiva* del PECCKHAM († 1292). — Vedi per i raffronti l'Appendice IV.

(2) Codice Atlantico, fol. 225 recto *b* (34).

(3) CARDANO G., *Vita* (1821), cap. III, pag. 10.

vedervi il grande scienziato ed artista toscano: e ciò, secondo il mio modo di vedere, erroneamente. Anzitutto perchè Cardano, allorquando nel *De subtilitate*, occasionalmente, parlando del tentativo di volare, nomina Leonardo, lo designa qual grande pittore: quindi nella sua autobiografia, di data posteriore, non ne avrebbe certamente taciuto il nome. Dato il carattere e le abitudini di messer Fazio, la di lui familiarità con l'ingegnoso fabbro parve a suo figlio istesso cosa veramente eccezionale, mentre non avrebbe dovuto esser tale, se si fosse trattato di Leonardo, il quale in Milano, sia sotto Lodovico il Moro, sia imperante il governo francese, ebbe sempre a godere una posizione assai privilegiata.

Ciò appare chiaramente da quanto a tal proposito scrive Gerolamo nella sua vita. « Non ostante la rimarchevole disparità nelle occupazioni e bisogne rispettive, l'amico e familiare del padre, il quale non fu mai che ne avesse più d'uno per volta, era Galeazzo Rosso..., e morendo questi prima di lui, tornò seco all'antica intrinsechezza il senatore Angelo Selvatico, già suo compagno di scuola e di collegio. L'uguaglianza *per altro* delle applicazioni e dei costumi valse rendergli *eziandio* familiare un fabbro ferraio.... » (1).

Ma v'è di più: ricordando egli gli amici ed i protettori suoi, aggiunge: « nella fanciullezza ho pure coltivato alcuni conoscenti del padre: Agostino Lavizzario fra questi, già relatore delle suppliche al Senato di Como, *ed il fabbro ferraio Galeazzo del Rosso*, del quale ho fatta più volte ricordanza... » (2). Con ciò il nome dell'ingegnoso artefice resta identificato, e rimane nel più assoluto modo escluso che il Cardano nell'annotazione citata abbia voluto alludere a Leonardo.

Mi sono alquanto diffuso a parlare dei due Cardano, perchè, secondo alcuni, Leonardo à esercitata una azione direttrice sulla evoluzione del pensiero di colui che fu uno dei più versatili e strani ingegni del secolo XVI (3). Nessun dato con-

(1) CARDANO G., *Vita* (1821), cap. III, pag. 10.

(2) CARDANO G., *Vita* (1821), cap. XV, pagg. 72-73.

(3) Cardano fu fin da principio considerato da Cesare Lombroso

forta tale asserzione: intorno a Fazio il figlio aggiunge che « ha bensì coltivate con distinzione (a quanto mi si diceva) le scienze del foro, però non trascesi delle matematiche i rudimenti, non immaginato cosa alcuna di nuovo, e tradotto nulla dal greco » (1); il che è importante a sapersi perchè il padre è stato il primo precettore del figlio. « Primo ad informarmi, colla familiarità di un amico — in così tenera età, che poteva essere la mia, di nove anni all'incirca — delle rudimenta dell'aritmetica, e di non so quali nè d'onde per esso pescati arcani, è stato mio padre medesimo » aggiunge Gerolamo parlando dei maestri avuti. « Poco più tardi, quando gli era divisamento l'addestrare con ogni sforzo d'arte in me la memoria, e più tenace renderla nel far tesoro delle cose apparate, quantunque non fosse in me attitudine alcuna per la memoria artificiale, lo stesso genitore mi fu maestro della astrologia degli Arabi. Poichè giunsi all'anno dodicesimo, esso imprese ad instruirmi ne' primi sei libri d'Euclide: incominciando però a d'ora in poi non darsi più cura di quelle cose insegnarmi, ad apprendere le quali foss'egli d'avviso, essere io suscettivo per me stesso » (2).

quale prototipo della propria teoria sul *genio* (cfr. LOMBROSO C., *Genio e Follia*, Prolusione al corso di Clinica psichiatrica nell'Università di Pavia. Milano, 1863). Caso curioso! Rileggendo per il presente studio le opere del Palissy, edite nel 1777 a cura dei sigg. Faujas de Saint-Fond e Gobet, accennandosi casualmente nel contesto a Cardano, è trovato che gli annotatori, in una loro postilla, esprimono il seguente concetto veramente Lombrosiano: « Cardan avoit un génie ardent & trop exalté; étude, amour, débauche, toutes les passions en un mot étoient portées chez lui à l'extrême; un tel tempérament suppose & annonce presque toujours le voisinage de la folie. D'un très-grand fou à un très-grand génie la ligne de séparation est imperceptible: dans l'organisation physique, un rien peut décider pour ou contre ».

Œuvres de BERNARD PALISSY revues sur les exemplaires de la Bibliothèque du Roi, avec des notes par MM. Faujas de Saint-Fond et Gobet [pag. 79 (11)]. Paris, chez Ruault, 1777.

(1) CARDANO G., *Vita* (1821), cap. X, pag. 51.

(2) CARDANO G., *Vita* (1821), cap. XXXIV, pag. 160.

II.

«..... Ma io vorrei avere vocaboli che mi servissino a biasimare quelli che voglion laudare più lo adorare li omini che tal sole, non vedendo nell'universo corpo di mag[gi]ore magnitudine e virtù di quello; e 'l suo lume allumina tutti li corpi celesti che per l'universo si compartano; tutte l'anime discendan da lui, perchè il caldo ch'è in elli animali vivi vien [d]all'anime, e nessuno altro caldo, nè lume è nell'universo, come mostrerò nel 4° libro. E cierto costoro, che àn voluto adorare uomini per i dei, come Giove, Saturno, Marte e simili, àn fatto grandissimo errore, vedendo che ancorachè l'omo fussi grande quanto il nostro mondo, che parrebbe simile a una minima stella, la qual pare un punto nell'universo, e ancora vedendo essi omini mortali e putridi e corrutibili nelle lor sepolture..... » (1).

Con queste frasi improntate ai più sublimi concetti della filosofia scientifica, Leonardo inneggia al sole, « luce di tutto il mondo » (2): al sole che « à corpo, figura, moto, splendore, calore e virtù generativa, le quali cose parte tutte da se, senza sua diminuzione » (3).

Egli combatte l'opinione espressa da Epicuro che, cioè, il sole sia solo grande quanto ai nostri occhi appare (4), e lo crede caldo per natura e non già per virtù (5), cioè, allo stesso modo con cui è caldo un metallo in fusione.

Non mi posso addentrare in maggiori particolari su questo argomento, che mi condurrebbero lontano, troppo lontano

(1) Manoscritto *F.*, fol. 4 verso.

(2) DA VINCI L., *Trattato della Pittura* (1882), vol. I, § 24.

(3) Codice Atlantico, fol. 270 verso *b.*

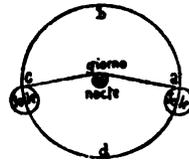
(4) Manoscritto *F.*, fol. 5 recto, 6 recto, 8 verso.

(5) Manoscritto *G.*, fol. 34 recto.

dai limiti imposti dal titolo del presente studio. Invece sarà utile insistere su quanto verrò ora esponendo.

Se Leonardo abbia tosto abbandonata l'antica concezione che considerava il sole mobile, non appare chiaramente dai manoscritti fino ad ora pubblicati. In uno trovasi incidentalmente questa frase: « il sole non si move » (1), che, se non erro, è ripetuta pure in un foglio del Codice Atlantico (2): in un altro si domanda « se 'l vero moto de' nuvoli si può conoscere per lo moto delle sue ombre, e similmente del moto del sole » (3): che collima con una annotazione che comincia con le parole: « misura quanti soli si metterebbero nel corso suo di 24 ore » (4) e con questo appunto « il sole che scalda tanto mondo quant' e' vede, e che in 24 ore fa sì gran corso... » (5).

Altrove indica il « modo di misurare il corso del sole. Togli tal tempo, che la nocte, che si rinchiude infra 'l posare e levare del sole, sia 2 tanti più che 'l giorno. Fa conto [nell'unita figura] che m sia il corpo della terra » (6).



Bisogna tener presente che il Richter, da cui ho riportato la frase allusiva alla immobilità del sole, nota che la calligrafia con cui è scritta non è quella ordinariamente usata da

(1) Manoscritto *W. L.*, fol. 132 recto. — RICHTER II, § 886.

(2) Malgrado le più diligenti ricerche non sono più riuscito a ritrovare l'indicazione del foglio.

(3) Manoscritto *S. K. M. II³*, fol. 19 verso. — RICHTER II, § 998.

(4) Manoscritto *F.*, fol. 10 verso. — Per risolvere tale problema Leonardo propone di costruire un circolo, avente al suo centro una bacchetta di ferro: orientato questa specie di orologio verso mezzodì, si nota sopra il cerchio la larghezza dell'ombra proiettata dell'asta, e quindi si calcola quante volte tale spazio entra nella circonferenza stessa: il numero ritrovato sarà appunto quello desiderato.

Sistema analogo trovasi nel Codice Atlantico (fol. 151 recto *b*) per trovare la grandezza del sole. — Cfr. pag. 14 (5) del presente.

(5) Codice Atlantico, fol. 30 verso.

(6) Codice Atlantico, fol. 250 verso *b*.

Leonardo. Ma non potrebbe questi, con le frasi citate, alludere invece al moto apparente del sole, come appunto si usa ancora ai nostri giorni dire, per esempio: « il sole nasce, passa al meridiano, tramonta all'ora tale »?.

Che ad ogni modo Leonardo abbia fatte speciali osservazioni sul sole sia per poter determinare il tempo, sia per tentarne lo studio della fisica costituzione, risulta, oltre che dalla citata asserzione del Vasari (1), da vari passi de' suoi manoscritti: « toglì la misura del sole in solstizio a mezzo giugno » (2) trovasi scritto in una nota; in un'altra propone il « modo di vedere il sole eclissato senza passione dell'occhio », guardandolo, cioè, attraverso ad una carta forata da sottile ago (3); ed ancora sotto ad un abbozzo di disegno scrive: « misura della grandezza del sole, sapiendo la distanza » (4).

I manoscritti fino ad ora pubblicati ci fanno conoscere quanto siffatto problema abbia preoccupata la mente di Leonardo (5), che troviamo desioso non solo di conoscere quello

(1) Vedi la nota (1) a pag. 3.

(2) Manoscritto *Br. M.*, fol. 78 verso. — RICHTER II, § 888.

(3) « Togli una charta, e falle busi chon [una] aguchia, e per essi busi riguarda il sole ».

Codice Trivulziano, fol. 6 v. (12).

(4) Codice Atlantico, fol. 243 recto b.

(5) Cfr. a questo proposito i seguenti due passi:

a) Manoscritto *A.*, fol. 20 verso.

« *Modo di sapere quanto è grande il sole.*

« Fa che *ab* sia braccia 100, e fa il



buso, donde passano i razi solari, sia $\frac{1}{16}$ di braccia e nota quanto il razo è cresciuto ne la percussione ».

b) Codice Atlantico, fol. 151 verso a (13).

« Se arai la distanza del sole, tu arai la sua grandezza, per questa via tolli l'ora di mezzodì nell'equinozio che 'l dì è 12 ore, oppur sia di che tempo si voglia, pure che tu misuri il corso del

che a tal riguardo avevano scritto gli antichi filosofi (1), ma eziandio quanto avevano ritrovato i dotti suoi contemporanei, cui egli andava richiedendo i risultati ottenuti. Così, per esempio, in una specie di promemoria scrive: « la misura del sole promessami da maestro Giovanni francese » (2).

III.

I pitagorici principî dell'astronomia lunare furono genialmente diffusi da Plutarco nel suo opuscolo che s'intitola *Della faccia che si vede nel cerchio della Luna*. La luna, scrive egli, non è tersa come uno specchio, ma à una superficie ineguale, e tutta scabrosa « di modo che gli splendori, che da un gran corpo caggiono in altezze non piccole, possono scambievolmente risplendere, ed in ogni modo riflettersi, invilupparsi, e continuar fra sè lo splendore, come se a noi venisse da molti

sole 'n un'ora, e guarda quanti soli entra nel corso di un'ora, e poi multiprica per 24, per le 24 ore delle quali il sole fa lo intero circolo.

“ E per sapere quanti soli entra per la strada che lui fa 'n un'ora, fa così: metti una bacchetta, e fa a uso delli orilogi antichi da sole, e guarda l'ombra della bacchetta al suo nascimento dove l'è più spedita, e segna i termini d'un'ora, poi guarda quante volte tale ombra entra in esso spazio d'ora, tante volte entrerà il sole nel corso d'un'ora, e calcula tutte le miglia del circolo che fa il sole in 24 ore, e se li ombra entra nella detta ora 20 volte, dirai: 20 ombre vie 24 ore fa 480 soli in tutto il suo corso fra di e notte: e così, avendo la distanza, tu arai il semidiametro d'esso circolo, e poi il diametro e poi la verità delle miglia del circolo, e la verità delle miglia del diametro del sole e così di tutto il suo corpo „

(1) Cfr. i passi del manoscritto *F.*, già citati alla nota (4) a pag. 12, ed ancora “ Posidonius compose libri della grande[z]za del sole „ frase che si legge sul recto della copertina del manoscritto *F.*

(2) Codice Atlantico, fol. 222 recto.

specchi » (1). Il nostro satellite poi è solido e denso « perchè le riflessioni non si fanno su alcuna cosa rara e composta di parti tenui..... ma fa mestieri che solida e densa sia quella cosa, dalla quale un'altra deve essere reverberata e riflessa » (2). Inoltre non brilla di luce propria, ma risplende di luce riflessa perchè « nell'ombra [eclisse] perde il suo lume e lo recupera quando è uscita dall'ombra » (3).

Premesse queste poche notizie, veniamo alle idee leonardiane sulla Luna.

« Nessun lievissimo è opaco.

« Se la luna à sito in mezzo ai sua elementi o no; e s'ella non à sito particolare come la terra nelli sua elementi, perchè non cade al cietro de' nostri elementi?

« E se la luna non è in mezzo alli sua elementi e non discende, adunque ella è piu lieve che altro elemento: e se la luna è più lieve che altro elemento, perchè è solida e non traspare » (4).

A tutte queste domande, che formano una specie di traccia di una ampia trattazione che sulla « essenza della Luna » Leonardo voleva distendere (5) — della quale nei varî manoscritti, specie in quelli *Br. M.*, *F* e *Leic.*, troviamo qua e là sparsi dei brani — Egli risponde svolgendo abbastanza prolissamente alcune dottrine, che si possono riassumere così:

(1) PLUTARCO, *Della faccia che si vede nel cerchio lunare* [in] *Opuscoli di Plutarco*, volgarizzati da MARCELLO ADRIANI, nuovamente confrontati col testo ed illustrati con note da FRANCESCO AMBROSOLI. Vol. V [pag. 342]. Milano, Sonzogno, 1829.

(2) PLUTARCO, *Della faccia*, ecc., (1829), pag. 343.

(3) PLUTARCO, *Op. cit.*, pag. 349.

(4) Manoscritto *Br. M.*, fol. 94 recto. — RICHTER, II, § 89a.

(5) Il principio del libro sulla Luna è costituito certamente dal passo del ms. *Br. M.* che trovasi a carte 94 recto (RICHTER, II, § 89a) che comincia: « Volendo io trattare della essenza della luna è neciessario in prima... », spiegare la teorica degli specchi piani, gli effetti di riflessione, l'essenza dei raggi luminosi ed i fenomeni causati da quelli che irradiano dal sole e *percuotono* le onde del mare; delle quali ricerche Leonardo trae partito per spiegare la fenomenologia lunare.

La luna è una massa solida, opaca (1), pesante (2), che, circondata da' suoi elementi, cioè dall'aria, dall'acqua e dal fuoco (3), si sostiene nello spazio per le stesse ragioni per le quali vi si mantiene la terra (4). Può essere considerata come una piccola terra, avente i suoi dì, e le sue notti (5); anzi essa « à ogni mese un verno e una state, e à maggiori freddi e maggiori caldi, e su equinozii son più freddi de' nostri » (6).

Ma altri importanti problemi, riflettenti in modo speciale la luce di cui splende il nostro satellite, si affacciano alla mente di Leonardo.

« O la luna à lume da se, o no: s'ell'à lume da se, perchè non risplende senza l'aiuto del sole? E s'ella non à lume da se, neciessità la fa specchio sperico..... » (7).

Anche a queste nuove domande, Leonardo, senza alcuna esitazione risponde, combattendo da prima l'opinione di coloro che stimavano il nostro satellite risplendere pure per luce propria (8). Egli ammette che « la luna non è luminosa per se, ma bene è atta a ricievere la natura della luce a similitudine dello specchio e dell'acqua, o altro corpo lucido..... » (9).

Ora « non avendo la luna lume da se, [ed] essendo lumi-

(1) « La luna densa e gra[ve]; densa e grave come sta la luna „ — Codice *K.*, fol. 1 recto.

(2) Codice *Br. M.*, fol. 94 verso. — Vedi Appendice V *a.*

(3) Cfr. anche il passo contenuto nel Codice Atlantico, fol. 112 verso *a*, riprodotto a pag. 20 in fine.

(4) Codice *Leic.*, fol. 2 recto. — Vedi Appendice V *b.*

(5) « E la luna à dì e notte come la terra..... „

Manoscritto *F.*, fol. 64 verso.

(6) Codice Atlantico, fol. 303 verso *b* (291). — Nello stesso Codice (fol. 208 recto *b*) trovasi quest'altra annotazione: « La luna ha l'anno 12 giorni e 12 nocte „

(7) Codice *Br. M.*, fol. 28 recto. — RICHTER, II, § 895.

(8) Codice *Br. M.*, fol. 94 verso. — Vedi Appendice V *a.*

(9) Manoscritto *A.*, fol. 64 recto.

nosa, egli è necessario che tal lume sia causato da altri..... » (1), cioè, necessariamente dal sole.

*
**

L'aspetto che presenta la luna à sempre attirata l'attenzione degli uomini di tutte le età, i quali credettero rinvenirci le più strane sembianze, delle quali si fa eco Ristoro scrivendo: « che tal dice che vi vede uomo impiccato, e tal dice che vi vede 2 che si tegnono per li capelli, e tal dice che vi vede uno uomo c'hae la scure in mano, e tai dicono che vi vedieno Caino e Abel (2); e fu tale che disse che vi vedeva uno toro, e tale uno cavallo, e tale una cosa e tale un'altra, come uomini fuore di conoscenza..... » (3). Ma, mentre Ristoro reputa erronee tali credenze, non si solleva al di sopra dei volgari errori e pregiudizî, ritenendo che il satellite della terra presenti ai nostri sguardi l'aspetto di un viso umano, perchè, infatuato di scienza medievale, tale

(1) Codice *Leic.*, fol. 30 recto. — RIETTER, II, § 899.

Noto la coincidenza delle idee di Leonardo con quelle espresse da Brunetto Latini:

* [La luna]... non ha niente di luce da se: ma se ella è chiara in tal maniera, ch'ella può ricevere illuminamento d'altrui. Come una spada brunita, o cristallo, o altra cosa somigliante, così fa la Luna, che per se non luce tanto, che noi potessimo vedere sua chiarezza: ma quando il Sole la vede, sì la illumina, come noi potemo vedere, e falla altresì risplendere com'ella pare a noi „. (*Il Tesoro* di BRUNETTO LATINI volgarizzato da BONO GIAMBONI, raffrontato col testo autentico francese, edito da P. Chabaille, emendato con ms. ed illustrato da LUIGI GAITER. Bologna, 1877-78, Vol. I [pagg. 358-59], G. Romagnoli).

(2) Confr. coi seguenti versi di Dante:

Ma ditemi, che son li segni bui
Di questo corpo che laggiuso in terra
Fan di Cain favoleggiare altrui?

(*Paradiso*, II, 49-51).

(3) RISTORO, *La Composizione* (1859), pag. 68.

figura reputa la più perfetta e nobile che possa essere disegnata entro un tondo. Però in un capitolo alquanto oscuro (l'ottavo del libro terzo) osserva come alcune parti della luna siano dure, altre molli; alcune trasparenti ed altre *ottuose* (opache); alcune chiare, forbite e pulite, altre invece dotate di proprietà opposte: tali varietà, aggiunge, lasciano passare, trattengono o riflettono più o meno bene la luce: di qui l'origine delle macchie (1).

Analoga spiegazione adottò Dante nel *Convito*: « l'ombra ch'è in essa [luna]....., non è altro che rarità del suo corpo, alla quale non possono terminare i raggi del sole, e ripercuotersi così come all'altre parti » (2). Nel Poema invece, come per ricredersi di un errore, egli induce Beatrice a dimostrarli, come e l'ombra e la luminosità non derivino dalla maggiore o minore densità che si riscontra nella massa lunare, ma bensì dalla varia quantità e qualità delle virtù miste per la massa stessa.

Leonardo a questo riguardo combatte l'opinione di coloro che credono le macchie dovute a vapori che s'innalzano, a mo' di nubi, e si interpongono fra la superficie della luna ed i nostri occhi; dato ciò tali macchie dovrebbero cambiare continuamente di aspetto e di posizione (3). Nemmeno la pensa con coloro che ritengono la luna composta di parti più o meno trasparenti (4), oppure di densità diversa (5): nel primo caso, variando la posizione del sole, le macchie dovrebbero rendersi chiare od oscure; ammesso invece l'altro principio, durante le eclissi di luna, i raggi dovrebbero penetrare entro le parti più *rare*. Ritiene pure erroneo il credere tali macchie quali immagini della superficie terrestre rispecchiata dal nostro satellite terso e pulito (6): la superficie

(1) RISTORO, *La Composizione* (1859), pag. 67.

(2) DANTE, *Convito*, II, cap. XIV.

(3) Manoscritto *F.*, fol. 84 recto. — Vedi Appendice V c.

(4) Manoscritto *F.*, fol. 84 verso. — Vedi Appendice V d.

(5) Manoscritto *F.*, fol. 85 recto. — Vedi Appendice V e.

(6) Manoscritto *F.*, fol. 85 recto. — Vedi Appendice V e.

della terra, presentando infinita varietà di aspetti secondo la posizione della luna rispetto a quella del nostro globo, le macchie — contrariamente a quel che succede — dovrebbero di necessità mutare pur esse di figura.

Leonardo crede — come abbiamo già visto — e come d'altronde opinarono anche i primi selenografi, che, con il sussidio del telescopio, riconobbero nelle pianure e nelle valli amplissime e smisuratamente profonde, di cui è ricca la topografia lunare — che il nostro satellite non sia sprovvisto d'acqua. Egli, dopo essersi imposto il problema « se la luna à sito in mezzo ai suoi elementi o no » (1), e dopo aver ribattuto in altri passi, che non ci sono tuttora noti, ma ai quali allude scrivendo, « tutte le contraddizioni dell'avversario a dir che nella luna non è acqua » (2) — ritiene che i mari della luna, come quelli della terra, siano agitati da onde più o meno grandi, le quali nelle loro parti maggiormente elevate e depresse rispecchiano i raggi solari (3).

E ciò fu indotto ad ammettere per analogia con quanto succede sulla terra. « L'onde dell'acqua crescono il simulacro della cosa che in lor si specchia » (4), per cui « l'innumerabili simulacri che dalle innumerabili onde del mare riflettono li solari razzi, in esse onde percossi, son causa di rendere continuato e larghissimo splendore sopra la superficie del mare » (5). Tali fenomeni, secondo Leonardo, pure si avvicinano nei mari della luna:

« Se riguardi l'isola circondata dall'onde ripiene delli simulacri del sole, parratti vedere una delle macule della luna circondata dal suo splendore.

« Se la luna à onde, e onde non son senza vento, e 'l vento non si genera senza vapor terrestri, portati dall'umido tirato dal caldo, infra l'aria, egli è necessario ch' il corpo della luna

(1) Manoscritto *Br. M.*, fol. 94 recto. — Vedi pag. 16 del presente.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 36 verso. — RICHTER, II, § 900.

(3) Manoscritto *Br. M.*, fol. 94 verso — Vedi Appendice V a.

(4) Manoscritto *Br. M.*, fol. 25 recto. — RICHTER, II, § 875.

(5) Manoscritto *Br. M.*, fol. 94 verso. — Vedi Appendice V a.

abbia terra, acqua, aria e foco colle medesime condition di moti che àn li nostri elementi » (1).

Quindi il nostro satellite nel suo complesso non può essere riguardato quale una sfera a superficie tersa e ben pulita, ma bensì scabra, aspra e sparsa di eminenze aventi diversa attitudine a riflettere i raggi solari: disuguaglianze non però interessanti la sua parte solida (2), ma bensì prodotte dall'incresparsi ed agitarsi delle onde de' mari che in parte la ricoprono.

Quantunque esplicitamente non lo abbia scritto, il Vinci, come già il grande filosofo di Cheronea, ammette due specie di macchie, le une permanenti, variabili le altre. Le ultime Plutarco riteneva causate dalle ombre proiettate dai monti illuminati dal sole più o meno lontano (3): le permanenti invece dovute a cavità: « Quanto poi appartiene alla faccia che nella luna si vede, siccome la nostra terra à alcuni gran seni, così stimiamo che la luna sia aperta da vaste profondità e rotture, piene d'acqua o d'aria caliginosa: nelle quali il sole col suo lume non penetri, ma lassandole faccia la riflessione dissipata » (4).

Riguardo a queste il pensiero leonardiano vien chiarito dal seguente passo: « qui si concluderà che ciò che della luna splende è acqua simile a quella degli nostri mari, e così inondata, ciò che di lei non splende sono isole e terra ferma » (5). Idea eguale venne espressa molti anni dopo da Keplero, il quale, lodato il libro di Plutarco, dice di dissentire in un punto solo, cioè nel ritenere, « quae sunt in Luna partes lucidae

(1) Codice Atlantico, fol. 112 verso *a* (cancellature).

(2) « Dice l'avversario che nella luna non è onde, ma grobosità minute, pulite, atte a pigliare li simulacri del sole. Qui si risponde colla quarta dell'osservazion della luna, dove si dimostra il variare dello splendore col variare dell'onde maggiori o minori ». — Codice Atlantico, fol. 112 verso *a* (cancellature).

Cfr. pure manoscritto *Br. M.*, fol. 94 verso. — Appendice V *a*.

(3) PLUTARCO, *Della faccia*, ecc. (1829), pagg. 354-55.

(4) PLUTARCO, *Della faccia*, ecc. (1829), pag. 353.

(5) Manoscritto *Br. M.*, fol. 28 recto. — RICHTER, II, § 876.

maria credi, quae maculosae terras, continentes et insulas »: mentre Galileo, che non si era discostato dalle speculazioni del filosofo greco, nel suo *Sidereus Nuncius* (1), afferma con tutta sicurezza il contrario, opinione poi abbracciata da Keplero istesso.

In una annotazione, Leonardo, sembra proclive ad ammettere che la « varietà delle particelle » delle macchie lunari dipenda dai nuvoli che, elevandosi dai mari, si interpongono fra il sole e la superficie dell'acqua, impedendo a questa di ricevere la luce del sole e di rifletterla. « Se » scrive Egli « terrai osservate le particule delle macchie della luna, tu troverai in quelle spesse volte gran varietà, e di questo ò fatto pruova io medesimo disegnandole (2). E questo nasce da nuvoli che si levano dall'acque d'essa luna, li quali s'interpongono infra 'l sole e essa acqua, e colla loro onbra tolgono i razzi del sole a tale acqua, onde essa acqua viene a rimanere oscura, per non poter spechiare il corpo solare » (3).

Nota però che tale idea trovasi combattuta da Leonardo, come abbiamo già detto, in un altro passo de' suoi manoscritti (4).

Il Vinci poi, come avremo occasione di vedere più oltre, fervente nettunista, è d'opinione, per analogia con quanto succede sul pianeta da noi abitato — somiglianza di cause implicando una somiglianza di effetti — che l'acqua, come à la massima influenza sulla economia tellurica, così la debba avere anche nel mondo lunare, e scrive: « come le macchie della luna son variate da quel che già furon, per causa del corso delle sue acque » (5).

(1) *Le Opere di GALILEO GALILEI*. Prima edizione completa, Firenze. Società Editrice Fiorentina, 1843. — Cfr. il Vol. III, pag. 65.

(2) Nei mss. fino ad ora pubblicati non ò potuto rinvenire alcun disegno di macchie della luna.

(3) Manoscritto *Br. M.*, fol. 19 recto. — RICHTER, II, § 906.

(4) Manoscritto *F.*, fol. 84 recto. — Vedi Appendice V c.

(5) Manoscritto *Leic.*, fol. 5 recto. — RICHTER, II, § 907.

*
**

Riguardo alla luna è necessario pur anco tener presente che Leonardo, assai prima del Moestlin (1596) trovò la spiegazione della così detta *luce cinerea*. Egli non la suppose dovuta nè a luce propria, nè a sostanze fosforescenti, e nemmeno ricorse alle molte ipotesi architettate da filosofi e da scienziati antichi, che cadono di per se stesse solo di fronte ad una attenta osservazione del fenomeno, ma invece l'attribuì giustamente alla luce solare riflessa dalla terra verso il suo satellite (1).

*
**

« Non luce la luna col suo lume riflesso come fa il sole, perchè il lume della luna non piglia il lume del sole continuo in nella superficie, ma in sù colmi e cavi delle onde delle acque, e per esser tal sole nella luna confusamente specchiato per le mistioni delle onbre, che sono infra l'onde che lustrano, perciò non è il suo lume lucido e chiaro com'è 'l sole » (2).

In questa proposizione Leonardo, presi come guida i concetti sopra esposti, vuol stabilire una differenza fra il raggio solare e quello lunare; pur tuttavia « il razzo del mare e della luna è caldo da presso » (3), quindi: « se [il] razzo refresso dal simulacro del sole ne l'acqua è raccolto collo specchio concavo, esso, poi che fia refresso da tale specchio, brucerà; il simile farà quel del plenilunio » (4). Leonardo qui adunque accenna una disposizione per mettere in evidenza la virtù termica della irraggiazione lunare. Però se la esperienza fatta da

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 2 recto. — RICHTER, II, § 902.
Cfr. Appendice V b.

(2) Manoscritto *Br. M.*, fol. 104 recto. — RICHTER, II, § 897.

(3) Codice Atlantico, fol. 83 recto b (205).

(4) Codice Atlantico, fol. 83 recto b.

Santorio Santorio (1561-1636) di raccogliere tale irradiazione al fuoco di uno specchio concavo, ove era posto un termometro galileano, o quella compiuta nel 1685 da Geminiano Montanari (1633-87) mediante un grande specchio ustorio ed un termometro « di moto assai delicato », ci fanno nascere sospetti sulla loro riuscita — talchè si è indotti a ritenere che solo dalle ricerche intraprese da Macedonio Melloni mediante il suo delicatissimo termomoltiplicatore (1846), possa tale effetto dirsi con rigore perfettamente scientifico, per la prima volta provato (1) — l'esperienza del Vinci, come è descritta, è sì grossolana, che non poteva a meno di condurre il nostro Grande, a risultati assolutamente erronei o negativi. Ad ogni modo possiamo dire che il principio buttato là, forse come semplice promemoria di esperienza da eseguire, mostra in chi lo dettava un profondo intuito del vero, l'istinto, direi, della verità.

(1) Cfr. *La virtù termica della irradiazione lunare ed un'antica indagine di Santorio Santorio*. Nota del prof. M. DEL GAIZO [in] *Boll. Mens. pubbl. dal R. Osserv. di Moncalieri*, Serie II, Vol. XII, pagg. 17-19. Torino, 1892.





CAPITOLO II.

La forma e la posizione della Terra.

Il sistema geocentrico. — Concetti di Leonardo sulla posizione del nostro pianeta.
— La sfericità della terra: pensiero degli antichi filosofi; prove convincenti. —
Il centro degli elementi e quello del globo terracqueo.

LE dottrine antiche e medievali architettarono un cosmo di struttura ingegnosa, ma lunghi, ben lunghi dalla realtà. La concezione aristotelica della terra risulta, come tutti sanno, dalla sfera della terra, contornata successivamente e senza alcun spazio vuoto, da quelle dell'acqua, dell'aria e del fuoco: concezione che vediamo adottata da Ristoro d'Arezzo, da Brunetto Latini ed anche dal nostro Leonardo.

Concetti geocentrici rinscravano in angusti limiti il pensiero conferendo alla terra una eccezionale posizione ed importanza nel sistema dell'universo. Ad essi però lo spirito nuovo di Leonardo si ribella e proclama con ardimento che la terra non è altro se non una stella (1). Essa inoltre « ... non è nel mezzo del cerchio del sole, nè nel mezzo del mondo, ma è ben nel mezzo de' sua elementi, compagni e uniti con lei; e chi stesse nella luna, quand'ella insieme col sole è sotto a noi, questa nostra terra coll'elemento dell'acqua, parrebbe e farebbe ofizio tal quale fa la luna a noi » (2).

(1) « Come la terra è una stella ». Codice Atlantico, fol. 112, verso a.

(2) Manoscritto *F*, fol. 41 verso.

Tale concetto trovasi pure ribadito fra le cancellature del Codice

Queste idee, che venivano a distruggere la chimerica altezza cui l'uomo, per eccessivo orgoglio, aveva innalzato il nostro globo, facendolo corona e centro del cosmo, per farlo diventare un corpo celeste qualunque moventesi nello spazio, anticipano i pensieri di Bruno: tali idee, dico, devono essere apparse a Leonardo istesso della più alta importanza e quindi meritevoli di essere meglio chiarite. Pare infatti ne volesse far oggetto di uno studio speciale giacchè lasciò scritto: « [II] libro mio s'astende a mostrare, come l'oceano colli altri mari fa, mediante il sole, splendere il nostro mondo a modo di luna e a più remoti pare stella, e questo provo... » (1): concetto che troviamo ribadito in un altro passo, condito in pari tempo con lieve ironia. « Tutto tuo discorso » scrive « [à] a concludere la terra essere una stella, quasi simile alla luna; e così proverai la nobilità del nostro mondo; e così farai un discorso delle grandezze di molte stelle secondo li altori » (2). Ed infine, aggiungo, nello stesso codice *F.*, a carte 25 verso, trovasi un paragrafo dal titolo « *Ordine del provare la terra essere una stella* » (3), che forse doveva essere una parte di abbozzo degli argomenti da svolgere in tale studio.

*
**

Il concetto della sfericità della terra è antichissimo: lo troviamo accettato da Aristotele, da Strabone, da Talete, da

Atlantico (fol. 112 verso a): « La terra, mediante la sfera dell'acqua, che in gran parte la veste, la qual piglia il simulacro del sole, e risplende all'universo, sì come fan tutte l'altre stelle, si dimostra ancora lei essere stella. L'acqua che di se veste gran parte della terra, riceve nella sua superficie il simulacro del sole, e con quel risplende all'universo, fa di se stella col medesimo splendore che far si vede a noi dall'altre stelle ».

(1) Manoscritto *F.*, fol. 94 verso.

(2) Manoscritto *F.*, fol. 56 recto.

(3) Tale passo, che riguarda la scintillazione delle stelle, trovasi riprodotto nell'Appendice III a.

Plutarco, da Pitagora, da Cicerone, da Macrobio, da Manilio, da Plinio, da Seneca e da altri moltissimi. È pure diffuso fra i più noti scrittori medievali quali il Bellovacense, Bacone, Alfragano, Sacrobosco (che lo popolarizzò con la sua *Sfera*), Brunetto Latini, Ristoro d'Arezzo, Fazio degli Uberti, Dante, Cecco d'Ascoli, Leon Battista Alberti... ed inoltre riconosciuto anche dai più dotti padri della Chiesa.

Pure Leonardo esplicitamente lo ammette: « Ogni omo » dice « sempre si trova nel mez[z]o del mondo e sotto il me[z]zo del suo emisferio e sopra il cietro d'esso mondo » (1); anzi in quella specie di dizionario che si contiene nel Codice Trivulziano, alla parola « globo » trovasi a lato, come naturale spiegazione, « retondità della terra » (2).

Per Leonardo la terra nel suo complesso è sferica; fa però eccezione la parte emergente, giacchè, per quanto in altro luogo andremo dicendo, « se la terra fussi sferica nessuna parte di quella sarebbe scoperta dalla sfera dell'acqua » (3).

E come prova sperimentale del suo asserto e delle conseguenze che ne derivano, avvertì il Vinci che innalzandosi un osservatore — specie se in prossimità del mare — aumenta sempre più la distanza dell'orizzonte:

« Qual sia il vero sito dell'orizzonte.

« Sono li orizzonti di varie distanzie dall'occhio, con ciò sia che quello è detto orizzonte, dove la chiarezza dell'aria termina col termine della terra, ed è in tanti siti veduto d'un medesimo perpendicolare sopra il centro del mondo, quante sono l'altezze dell'occhio, ch'el vede. Perchè l'occhio posto alla pelle del mare, questo vede esso orizzonte vicino un me[z]zo miglio, o circa; e se l'uomo s'innalza con l'occhio, quant'è la sua universale altezza, l'orizzonte si vede remoto da

(1) Codice Trivulziano, fol. 29 recto (28). — L. BELTRAMI, *Il Codice*, ecc. (1891), tav. XXIV.

(2) Codice Trivulziano, fol. 13 recto (25). — L. BELTRAMI, *Il Codice*, ecc. (1891), tav. XXI.

(3) Manoscritto F., fol. 52 verso.

lui sette miglia, et così in ogni grado d'altezza scopre l'orizzonte più remoto da se, onde accade, che quelli, che sono nelle cime degli alti monti vicini al mare, vedeno il cerchio dell'orizzonte molto remoto da se: ma quelli che sono infra terra, non ha[n]no l'orizzonte con equal distanza, perchè la superficie della terra non è equalmente distante dal centro del mondo, onde non è di perfetta sphericità, com'è la pelle dell'acqua: e quest'è causa di tal varietà di distanzie infra l'occhio e l'orizzonte » (1).

Allorquando avremo occasione di svolgere le idee leonardiane sulla grandezza della terra, ritorneremo ancora su questo passo, che ad ogni modo contiene in sè una delle prove più convincenti della sfericità del nostro globo. Anzi a questo riguardo sarà bene tener presente che il Vinci aggiunge che « impossibile è trovare alcuna parte piana nella superficie di qualunque grandissimo pelago » (2).

La veduta più ampia da un albero di una nave, anzichè dal suo ponte, è stata una delle considerazioni che si è presentata ben presto alla mente umana, quale prova convincente della forma della terra. Tale concetto troviamo sviluppato con la solita precisione nella geografia straboniana:

« Ma dopo una breve riflessione conosceremo eziandio che la terra è di forma sferica, perocchè ce ne persuadono non solamente alcune prove mediate, come a dire la tendenza dei corpi al centro e lo sforzo di ciascun corpo per unirsi a quel punto: ma alcune prove più vicine altresì e dedotte dalle apparizioni che si osservano nel mare e nel cielo, delle quali e il senso e le comuni nozioni possono far testimonianza. Perocchè la curvità del mare manifestamente impedisce ai naviganti di vedere da lungi i lumi posti all'altezza medesima dei loro occhi: mentre quelli collocati più in alto li veggono quand'anche siano più lontani. Oltre di che anche l'occhio

(1) *Trattato della Pittura* (1882), II, § 936.

(2) *Manoscritto F.*, fol. 52 verso.

innalzandosi a riguardare suole scoprire le cose che prima erano nascoste. E lo afferma anche il poeta dicendo:

Ulisse allor, cui levò in alto un grosso
flutto, la terra non lontana scorse.

(*Odisea*, Lib. 5, 393).

E coloro che sopra una nave si vengono accostando al lido vi scoprono sempre nuove parti e quelle cose che da principio parevano basse a poco a poco si elevano anch'esse » (1).

Anche il Sacrobosco, la cui *Sfera*, per oltre quattrocento anni, emendata ed annotata da chiari matematici, quali il Peurbark, il Regiomontano, il Clavio..., à servito quale testo di astronomia, reca pure siffatto argomento fra quelli edotti come prova della forma sferica della terra.

« ... Ponatur signum in littore maris, & exeat nauis a portu, & in tantum elongetur, quod oculus existentis juxta pedem mali non possit videre signum: stante vero nauis oculus eiusdem existentis in summitate mali: bene videbit signum illud. Sed oculus existentis iuxta pedem mali, melius deberet videre signum, quam qui est in summitate mali, sicut patet per lineas ductas ab utroque ad signum. Et nulla alia huius rei causa est, quam tumor aquae. Excluduntur enim omnia alia impedimenta, sicut nebulae & vapores ascendentes..... » (2).

E così pure dicasi di Dante, o dell'anonimo Autore della *Quaestio de aqua et terra*, di cui fra poco dovremo occuparci.
« ... per experientiam nautarum, qui vident, in mari existentes,

(1) STRABONE, *Della Geografia*, libri XVII volgarizzati da Francesco Ambrosoli. Vol. II [pag. 25]. Milano, 1832.

(2) *Sphaera* JOANNIS DE SACRO BOSCO, emendata. Eliae Veneti Sannonis Scolia in eandem Sphaeram, ab ipso authore restituta. Adiunximus huic libro compendium in Sphaeram per Pierium Valerianum Bellunensem. Et Petri Nonii Salaciensis demonstrationem eorum, quae in extremo capite de climatibus Sacroboscus scribit de inaequali climatum latitudine, eodem Veneto interprete. Lvtetiae. Apud Gulielmum Cauellat, sub pingui Gallina, ex aduerso Collegij Cameracensis, 1564.
— Cap. I, carte 17 recto e verso.

montes sub se: et probant dicendo, quod ascendendo malum vident eos, in navi vero non vident (1).

« ... Imaginantur enim nautae, quod ideo non videant terram, in pelago existentes, de navi, quia mare sit altius quam ipsa terra: sed hoc non est: immo esset contrarium, magis enim viderent. Sed est hoc, quia frangitur radius rectus rei visibilis, inter rem et oculum, a convexo aquae: nam cum aquam formam rotundam habere oporteat ubique circa centrum, necesse est in aliqua distantia ipsam efficere obstantiam alicujus convexi » (2).

*
* *

La terra circondata dalle sfere dell'acqua, dell'aria e del fuoco, forma un sistema il cui centro è diverso da quello dei singoli elementi, eccettuato, da quello del fuoco (3).

Infatti tale centro non può essere il centro della terra, giacchè questa è inegualmente distribuita, presentando vaste depressioni, occupate quasi tutte dall'acque salse, e molte elevazioni che costituiscono i rilievi montuosi. Non è quello della sfera dell'acqua, ravvolgendo essa la terra con uno strato qua e là interrotto e di spessore ineguale. Non può nemmeno coincidere con il centro dell'aria, perchè la parte inferiore di tale invoglio à grandi, numerose e dissimili concavità, dovendo accogliere, come in una guaina, le gibbosità dei rilievi tellurici, e la superiore, quantunque conservi una forma, che maggiormente si accosta a quella sferica, pur tuttavia è irregolare, chè turbata dai continui movimenti causati dall'azione del sole. Invece la parte superiore della sfera del

(1) *Quaestio de aqua et terra* [in] *Le Opere Latine* di DANTE ALLIGHIERI, ecc., reintegrate da G. B. Giuliani. Vol. II [pag. 357, § V]. Firenze, 1882.

(2) *Quaestio de aqua et terra* (1882), pag. 374, § XXIII.

(3) Codice Atlantico, fol. 153 verso *a* e *b*. — Questi passi sono integralmente riprodotti nell'Appendice VI.

fuoco à tutti i suoi punti egualmente equidistanti dal centro, da Leonardo chiamato *universale*, situato fra i centri degli altri elementi (terra, acqua e aria), i quali Egli distingue con il nome di *abusivi*. Questi, specie quello della terra, sono poi in continua mutazione, come altrove avremo occasione di dire.

Considerando però il solo globo terracqueo, senza, cioè, i due involucri esteriori, presentando la superficie della terra rilievi e depressioni ed essendo i continenti e le isole tutte, come vedremo, più elevati della superficie del mare, possiamo ritenere come centro di tal globo quello dell'acqua:

« Il cietro della spera dell'acqua è il cietro vero della rotondità del nostro mondo; il quale si compone in fra acqua o [e] terra in forma rotonda. Ma se tu volessi trovare il cietro dell'elemento della terra, questo è contenuto per equi[di]stante spazio dalla superfizie dell'Oceano mare, e non dalla equidistante superfizie della terra; perchè chiaro si comprende quella palla della terra non avere niente di perfetta rotondità se non in quella parte dov'è mare, o paludi, o altre acque morte; e qualunque parte d'essa terra [che] esce fuori d'esso mare s'allontana dal suo cietro » (1).

(1) Manoscritto A., fol. 58 verso.

Costituisce con lievissime varianti il cap. IX, libro I [pag. 278] del trattato *Del moto e misura dell'acqua*, ove per altro porta il seguente titolo: *Del centro della sfera dell'acqua*, anzichè: *Del centro dell'Oceano mare*.





CAPITOLO III.

La rotazione della Terra.

I precursori di Copernico nell'antichità. — I concetti astronomici del Cusano e gli « Omocentrici » di Fracastoro. — Pensiero di Leonardo. — Curva descritta da un grave cadente al centro del globo.

ABBIAMO visto come la concezione riguardante la sfericità della terra — che rappresenta una grande conquista nella storia del pensiero umano — fosse abbastanza comune e diffusa fra i dotti. Ora sappiamo che Eraclite, detto Pontico, faceva ruotare la terra intorno al proprio asse; che Ecfanto la faceva girare intorno al proprio centro; Filolao circolarmente attorno al fuoco centrale, « il focolare dell'universo »; Aristarco da Samo, il matematico, attorno al sole, immobile, centro del mondo. Di questi precursori di Copernico nell'antichità, le cui dottrine vennero magistralmente illustrate dallo Schiapparelli (1), non è qui il luogo adatto di parlare; però è necessario tener presente che al tempo del Vinci, la concezione cosmica aristotelico-tolemaica poteva essere paragonata ad una vecchia nave sdruscita, entro

(1) G. V. SCHIAPPARELLI, *I precursori di Copernico nell'antichità* [in] Pubblicazioni del R. Osservatorio di Brera in Milano. N. III. — Milano, Hoepli, 1873.

cui penetra da mille parti quell'acqua che tardi o tosto dovrà farne inesorabilmente sprofondare lo scafo.

Fra gli immediati precursori di questa riforma non possiamo a meno che ricordare il Cardinale di Cusa ed il Fracastoro, intorno alle dottrine dei quali abbiamo già dovuto intrattenerci e ritorneremo ancora.

Il passo fondamentale che rivela i concetti astronomici del Cusano fu scritto di propria mano dal Cardinale sull'ultima carta in pergamena di un trattato da lui comprato a Nürenberg nel 1444, scoperto dal Clemens e da questi pubblicato nel suo libro *Giordano Bruno und Nicolaus von Cusa* (Bonn, J. Mittmann, 1847, in-8 [pp. 98-99]) e ripubblicato dall'Uzielli nella più volte citata opera sul Toscanelli (1), che così pure li riassume:

1° « Nessuna stella descrive un'orbita esattamente circolare. Quindi i Poli non sono punti fissi di posizione.

2° « La terra non può essere fissa, ma ruota intorno ai Poli del mondo, quasi una volta al giorno, e per la mobilità della terra cita Pitagora (*ut ait Pythagoras*). L'ottava sfera poi, come quelle delle stelle fisse, compie in un giorno due giri intorno all'asse del mondo e il sole poco meno di due volte: ciò essendo, le stelle e il sole fanno, relativamente alla terra, una sola rotazione intorno ad essa in ventiquattro ore.

3° « Ammetteva la retrogradazione degli equinozi.

4° « Ammetteva pure la variazione dell'angolo d'inclinazione dell'eclittica sull'equatore.

5° « Riteneva essere il sole composto di una parte opaca e di una luminosa » (2).

Quindi non è esatto il dire — come bene osserva l'Uzielli (3) — che il Cusano abbia affermato il triplice movimento della terra proposto più tardi da Copernico; per il Cusano la terra, benchè animata da rotazione, è fissa rispetto al sole, poichè, secondo lui, essa compie un giro sull'asse del mondo, mentre

(1) G. UZIELLI, *Toscanelli* (1894), pagg. 640-41.

(2) G. UZIELLI, *Toscanelli* (1894), pag. 273.

(3) G. UZIELLI, *Toscanelli* (1894), pag. 273.

il sole ne fa due. La retrogradazione degli equinozi e la variazione dell'obliquità della eclittica sull'equatore erano pur già note ai greci ed il Cardinale potrebbe probabilmente averne avuta notizia dal Toscanelli.

Nell'attribuire al sole una parte incandescente e nel ritenere il restante opaco, nel dichiarare che nessun moto celeste è perfettamente circolare, egli intuì quello che non vide Copernico, ma che dimostrò poi Keplero.

Nel concetto del Cusano, la terra, malgrado i moti che vengono a lei ed al sole attribuiti, pur rotando su se stessa, rimane sempre il centro del mondo, mentre il sole le gira attorno. — Ciò per il Cardinale di Cusa.

La teoria delle sfere omocentriche, non del tutto abbattuta da quella degli epicicli, ma con questa combinata, formò la base della astronomia scolastica. Per l'ultima volta (1538) a tale concezione venne infuso un alito di vita nuova per opera di Girolamo Fracastoro: ma, come osserva felicemente lo Schiapparelli (1), mentre questi sudava invano per adattarla ai fenomeni, in una piccola città della Prussia, Copernico attendeva, inosservato, a quegli studi, che dovevano mandarla a rotoli per sempre.

E, caso curioso: il libro degli *Omocentrici* del dotto medico veronese è fregiato del nome di Paolo III, al quale pure Copernico dedicò più tardi (1543) l'opera *De Revolutionibus orbium coelestium*, impressa a Nuremberg l'anno della sua morte.

Dato un tale stato di cose, si comprende come le idee sui movimenti della terra, siano in Leonardo — come abbiamo già osservato, parlando del sole — assai oscillanti. Se l'ultima conclusione cui Egli addivenne è quella, di ritenere il sole immobile, allora quanto scrisse a proposito delle maree, che cioè « li giorni non cominciano in un medesimo tempo in tutto l'universo, concio sia che quando nel nostro emisferio è mezzogiorno, nell'opposito emisferio è mezzanotte, ecc. » (2),

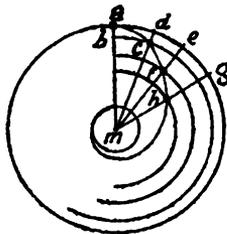
(1) SCHIAPPARELLI G. V., *I precursori di Copernico* (1873), pag. 23.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 6 verso. — RICHTER, II, § 958.

ci chiarirebbe che Egli ammetteva la rotazione diurna della terra intorno al proprio asse. Alla cui dimostrazione giova pure l'osservazione più sotto riportata, secondo la quale un grave lasciato libero, cadrebbe al centro del mondo descrivendo una linea curva.

« Del grave disciendente in fra l'aria, essendo li elementi del moto circumvolubile con intera revoluzione in 24 ore.

« Il mobile disciendente dalla suprema parte della sfera del fuoco farà moto recto insino alla terra ancora che li elementi fussino in continuo moto circumvolubile intorno al cietro del mondo. Prova si è ch'il grave che disciende per li elementi sia *b*, che si muove dal[']*a* per disciendere al cietro del mondo *m*: dico che tal grave ancora che facci dissenso curvo a modo di linia elica che mai si svierà del suo dissenso rectilineo, il quale è in continuo prociesso infra 'l loco donde si divide e 'l cietro del mondo, perchè se si partì dal punto *a* e disciese al *b* nel tempo che disciese in *b* e fu portato in *d* il sito dello *a* s'è rivoltato in *c*, e chosì di [*il*] mobile si trova nella retitudine che s'astende infra *c* e 'l cietro del mondo *m*. Se 'l mobile discende dal *d* al *f*, principio del moto, in nel medesimo tempo si move dal *c* all'*f* [*e*], e se *f* disciende in *h*, e si volta in *g*, e così in venti 4 ore il mobile disciende alla terra sotto il loco donde prima si divide, e tal moto è composto.



« [*in margine*] Se 'l mobile disciende dalla suprema all'infima parte delli elementi ./. in 24 ore, il moto suo fia composto di diretto e di curvo. Retto, dico, perchè mai si svierà della linia brevissima che s'astende dal loco donde si divide al cietro delli elementi, e si fermerà nello stremo infimo di tal retitudine, la qua[1] sempre sta per zenit sotto il loco donde tal mobile si divide. E tal moto in se è curvo con tutte le parti della linia, e per consequenzia è al fine curvo

con tutta la linia. E di qui nasce che il sasso gittato dalla torre non percote nel lato d'essa torre prima che in terra » (1).

In poche parole Leonardo dal considerare la linea descritta da un grave cadente da grande altezza, trova che essa è un'elica, rappresentando la risultante del moto rettilineo (dovuto alla gravità) e del circumvolubile (rivolgendosi la terra con i propri elementi), che si inizia là ove principia il moto per svolgersi continua fino al centro del mondo. La soluzione di tale arduo problema, infelicemente tentato da Galileo stesso (2), precorre di molto quella offertaci circa un secolo dopo dal Gassendi nel suo *De motu impresso a motore translato* (1642); essa, mentre ci dà prova della singolare perizia di Leonardo nello studiare i problemi riguardanti la composizione delle forze, ci induce a ritenere che il Vinci ammettesse la rotazione della terra: e così restano pure sciolti i dubbj altrove sollevati.

(1) Manoscritto G., fol. 55 recto.

(2) Cfr. CAVERNI R., *Storia del metodo sperimentale in Italia*. Tomo IV [pagg. 79 e seg.]. Firenze, 1895.





CAPITOLO IV.

Le dimensioni della Terra.

Diametro della terra secondo Leonardo. — Accenni vinciani alle misure lineari: il braccio ed il miglio toscano e milanese. — La misura delle distanze in terra: il podometro e l'odometro. — La misura delle distanze marine: il solcometro. — Valore del grado secondo Leonardo. — Metodi per conoscere la lunghezza del raggio terrestre.

LIl diametro della terra, secondo Leonardo, è di 7 mila miglia, come risulta dai due passi seguenti:

a) Codice *Leic.*, fol. 35 verso (RICHTER, II, § 937):

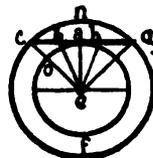
« ... considerando la grossezza di 7000 miglia che à essa terra... ».

b) Codice Atlantico, fol. 112 recto *b*. — Passo oscurissimo ed incompleto:

« 875 miglia è più remoto dal centro del mondo *c* che *a*.

« E questa varietà è in 875 miglia di piano.

« *a* è più basso che 'l *c* tutto lo spazio *oc*, ch'è simile al sesto del diametro della terra, ch'è sette mila miglia, che sesto di sette mila è 1166, che nella metà del diamitro della terra *ac*, ch'è 3500 miglia, ha di calo miglia $1166 \frac{2}{3}$. Ora tu puoi vedere che sito..... »



*
**

Prima di procedere oltre è necessario stabilire quale sia il miglio usato da Leonardo e quindi il suo ragguaglio con le misure decimali.

Nei varî manoscritti non sono rari gli accenni a misure lineari: per limitarci ai più importanti riporterò i seguenti passi:

1° Codice Atlantico, fol. 329 verso (*Saggio ecc.*, tav. XXII):

« Un trabucco è quattro braccia, e un miglio è tremila d'esse braccia, e il braccio si divide in 12 oncie..... ».

2° Manoscritto *H.*, fol. 91 recto (*H2*, fol. 43 verso):

« ma se le braccia saranno a uso di misura di terra, che ogni 4 son 4 e $\frac{1}{2}$. Ma se il miglio s'intende di tre mila braccia comuni [a] tornar in braccio di terra, le sue 3000 braccia tornano manco $\frac{1}{4}$, che restano 2250..... ».

3° Manoscritto *F.*, fol. 10 recto:

« parendo il diametro del sole una misura pedale, e che esso sole entrassi mille volte nel suo corso di 24 ore, egli a[v]rebbe corso mille piedi, c[i]oè 500 braccia, che è un sesto di migl[i]o, ora è che ch'il corpo del sole infra dì e notte sarebbe caminato la sesta parte d'un miglio e questa venerabile lumaca del sole arebbe caminato 25 braccia per ora..... ».

4° Manoscritto *F.*, fol. 48 verso:

« son dieci braccia la trecentesima parte d'un miglio ».

5° Manoscritto *L.*, fol. 1 recto:

« Dal muro d'Arno della G[i]ustizia all'argine d'Arno di Sardigna, dove sono i mari [muri?] alle mulina, è braccia 7400, c[i]oè miglia 2 e braccia 1400, e 'l di là d'Arno è braccia 5500..... ».

6° Codice Atlantico, fol. 1 recto *a* (7):

« 10 braccia di terreno, cioè $\frac{1}{300}$ di miglio, il quale è braccia 3000 » (1).

Dei passi recati, quelli distinti con i numeri 1°, 2°, 4°, 5° e 6° si accordano nel ritenere il miglio equivalente a tre mila

(1) Questo passo è riportato integralmente a pag. 42.

braccia (1): riguardo al secondo, bisogna notare che Leonardo deve essere incorso in un errore ove scrive che « ogni 4 son 4 $\frac{1}{2}$ » perchè ciò non è in relazione con quanto afferma più sotto, cioè, che 3000 braccia comuni sono eguali a 2250 braccia da terra, per cui si richiede che il braccio comune sia $\frac{3}{4}$ di quello da terra.

Rispetto poi al passo che abbiamo distinto con il numero 3°, bisogna avvertire che il Ravaisson-Mollien giustamente à trascritto l'inciso « cioè 500 braccia », laddove il Richter, che lo riporta al § 883, è incorso in un errore trascrivendo « cioè 300 braccia ». Pure in questo passo bisogna supporre che Leonardo abbia errato: $\frac{3000}{6} = 500$
 $\frac{500 \text{ braccia}}{24 \text{ ore}} = 20 \frac{5}{6}$ e non 25, come suppone Leonardo: per il che ottenere bisogna invece fare: $\frac{3000}{5} = 600$ e quindi $\frac{600}{24} = 25$.

* * *

Premesso ciò, veniamo al ragguaglio delle misure usate da Leonardo con quelle derivate dal sistema metrico decimale.

Come tutti sanno, in ogni città, in ogni piccolo stato erano adottate misure speciali e diverse le une dalle altre. Ma se poniamo mente che il Vinci, toscano di nascita, dovette necessariamente apprendere il sistema in uso in Firenze, nella quale città Egli fu condotto fin da bambino, e che d'altra parte, essendo egli dimorato nella maturità alquanto tempo in Lombardia, per i molti lavori che ebbe ad ideare, a studiare ed a compiere, si deve essere trovato nella necessità di uniformare i suoi progetti ed i calcoli inerenti, al sistema di misure prevalente a Milano, credo che non andremo errati se rivolgeremo le nostre indagini al braccio ed al miglio fiorentino ed a quelli milanesi.

(1) Conformemente anche a quanto lasciò scritto il Toscanelli in un passo de' suoi mss. che sarà in seguito riportato (vedi pag. 52 [1]).

Il braccio usato nella metropoli lombarda trovasi raggugliato a metri 0,594936: il fiorentino da terra a metri 0,551203, giacchè non credo che nelle ricerche di cui noi ci occupiamo abbia voluto Leonardo servirsi di quello detto « da panno », eguale a metri 0,583626.

Il miglio milanese, dai moderni studî è ritenuto pari a metri 1784,809 ed il fiorentino a 1653,607.

Leonardo nei passi retro citati afferma il miglio risultare di 3000 braccia: infatti, dando al braccio milanese ed al fiorentino da terra, i valori dianzi riportati, otterremo:

$$\text{miglio milanese} = \text{m. } 0,594936 \times 3000 = \text{m. } 1784,808$$

$$\text{miglio fiorentino} = \text{m. } 0,551203 \times 3000 = \text{m. } 1653,609$$

valori che differiscono di quantità affatto trascurabili da quelli comunemente ammessi dai competenti di metrologia, e che noi, per maggior comodità, potremo ritenere rispettivamente eguali a m. 1785 e m. 1654.

Come ognuno può facilmente immaginare, i ragguagli delle misure medievali con le moderne sono oltremodo difficili, come difficili e generalmente lungi da quella esattezza in certi studî indispensabile, son quelli delle misure antiche fra loro, e ciò perchè i varî scrittori in generale poco si sono preoccupati del vero valore dell'unità di misura adottata nelle opere loro.

Così Leonardo, parlando dei canali del milanese scrive:

« Dal principio del naviglio di Brivio al molino del Travaglia è trabucchi 2794, cioè braccia 11176, che son più di tre miglia e due terzi ... » (1).

Il trabucco milanese, essendo ritenuto eguale a 2,611110 metri, 2794 di tali unità fanno metri 7295.44, mentre 11176 braccia milanesi sono pari a metri 6649.72: e tre miglia e due terzi a metri 6545.

In un passo contenuto nel recto del fol. 59, del manoscritto I, Leonardo scrive che « 4 braccia e me[z]zo fa uno

(1) Codice Atlantico, fol. 141 verso b (39).

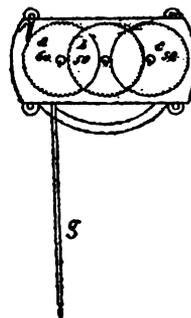
trabocho »: ora, braccia $4\frac{1}{2}$, sono pari a metri 2,677, mentre il trabucco milanese trovasi ragguagliato, come ò detto, a metri 2,611. Eguale ragguaglio si à in una annotazione contenuta nel fol. 91 verso del manoscritto *L*.

*
**

Come volgarmente la durata dei tempi brevi si soleva dedurre da quella necessaria a pronunciare una prece — ed infatti nelle descrizioni sincrone di terremoti antichi la durata dello scuotimento è sempre riferita al dir di un *pater*, o di un'ave, ecc. — così nei viaggi di terra, come osserva l'Uzielli (1), l'unità di misura non era direttamente una data lunghezza, ma bensì lo spazio percorso in un giorno (di 24 ore), ragguagliato all'ora, e riducendo poi le ore in miglia.

Leonardo propose per queste misure uno strumento speciale, un vero *podometro*, ma dalla descrizione che segue, il lettore potrà facilmente immaginarsi, come tale apparecchio sia tutt'altro che di pratica applicazione:

« *a* rota dentata, si trova denti 60, *b* n'ha 50 e *c* 50. Ora, per ogni passo che si faccia, l'omo o 'l cavallo, la lieva *g* percote nella coscia di chi la porta, e nel suo moto fa muovere un dente nella rota *a*, e 'l sostentaculo *f* lo sostiene, che non torna indietro. Adunque la rota dà una volta intera con 60 passi, e nel medesimo tempo la rota *b* ha mosso solo un dente, perchè un sol dente ha la rochetta di $a : a >$ (2).

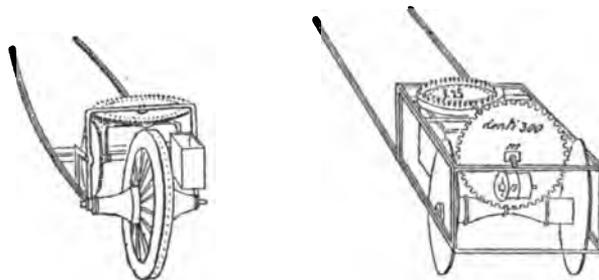


Dal podometro egli passò alla costruzione di un vero *odometro*, di cui faccio seguire la descrizione, dalla quale si rileva

(1) G. UZIELLI, *Toscanelli*, (1894), pag. 418.

(2) Codice Atlantico, fol. 1 recto a (7).

che il principio di tale congegno è improntato a quello datici da Vitruvio.



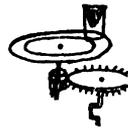
« Volta intorno braccia 10, cioè la rota del carro, onde viene a essere il diametro braccia $3 \frac{4}{22}$. E la prova si è che esso diametro sia moltiplicato per 3 e $\frac{1}{7}$ di se medesimo, e vedrassi che tal somma fara 10 di punto. . . . Adunque, quando la rota del carro arà dato una volta intera, essa arà misurato 10 braccia di terreno, cioè $\frac{1}{300}$ di miglio, il quale è braccia 3000, e la rota *m* arà solamente camminato lo spazio d'un de' sua denti, la quale rota n'ha 300; onde è manifesto che quando la rota *m* ha dato una volta intera, il carro ha misurato di punto un miglio di spazio, e la rota *f* ha mosso lo spazio d'uno de' sua denti, e la rota *n* ha fatto il simile, la quale mostra col suo razzo ciascun miglio, non altrimenti che la lancetta dell'orologio le sue ore: ma la rota *f*, in iscambio del mostrare, fa sentire all'orecchio lo strepito over sonito fatto da una piccola pietra caduta 'n vaso atto a ricevere sono » (1).

Fra le pagine del manoscritto *F.* troviamo la descrizione di un altro odometro, la cui disposizione, per altro, quantunque originale, dimostra che tale strumento è ancora di minor pratica utilità del precedente.

« Per [s]apere quanto un vada per ora, piglia la rota de bochalari [*stovigliari*], fatta come vedi, e mettivi su lo stru-

(1) Codice Atlantico, fol. 1 recto a (7).

mento del quale il centro sia sopra una linea circolare che volti [ruoti] di punto 5 braccia, ch'el diametro sia un braccio e $\frac{12}{22}$; di poi ferma bene lo strumento e abbi il tempo armonico, e invischia dentro a tale strumento con trementina, e volta tal ruota uniformemente, e segnìa dove la polvere superiore è attaccata alla trementina, e vedi quante volte à dato la rota e in qu[a]nti tempi armonici; e se la rota à dato 2 volte in un tempo, che son dieci bracc[i]a, c[i]oè la trecentesima parte d'un miglio, tu potrai dire che tale strumento s'è mos[s]o un miglio in trecento tempi, chè un ora è 1080 tempi, che fare 3 miglia per ora e $\frac{180}{3}$ trecentesimi » (1).



L'invenzione degli odometri è assai antica: ne parla già Erone il Meccanico, vissuto circa un secolo avanti l'era volgare (2); Vitruvio, la cui grande opera d'architettura era da Leonardo conosciuta (3), ne descrive un modello in uno speciale capitolo dal titolo: *Regola per misurare il viaggio fatto in cocchio od in nave* (4), e Leon Battista Alberti nei suoi *Ludi matematici* — noti eziandio, come vedremo, al sommo Toscano — parla pure dell'odometro o compasso

(1) Manoscritto F., fol. 48 verso.

(2) ERONE il Meccanico, *Del traguardo* [in] *Commentari sopra la storia e le teorie dell'Ottica* del cav. G. B. VENTURI. Tomo I [pagg. 134-38]. Bologna 1814. — Vedi Appendice VII. I a.

(3) "Cerchi di Vetruiio tra cartolai".

"Messer Ottavian Pallavicino pel suo Vetruiio".

Manoscritto F., copertina verso.

"Vetruiio Architecto mette nella sua opera d'Architettura...".

Manoscritto V., (121), $\frac{10}{A}$. — RICHTER, I, § 343.

"Messer Vincenzio Aliplando che sta presso all'osteria del Orso à il Vetruiio di Jacomo Andrea".

Manoscritto K., fol. 109 verso.

(4) *L'Architettura di VETRUIIO*, tradotta in italiano da QUIRICO VIVIANI, illustrata, ecc. Udine, 1830-32. Pei fratelli Mattiuzzi. Cap. XIV, Libro X, pagg. 59-62. — Vedi Appendice VII. I b.

itinerario e ne dà anche la figura nell'appendice pure insieme al testo riprodotta (1).

Ad ogni modo, prescindendo da ciò, possiamo ritenere che anche stimando in ore il cammino percorso, si può giungere ad una valutazione abbastanza precisa. Prendiamo in esame il seguente appunto che si trova fra i manoscritti vinciani, che riguarda località poste sulla via Emilia, via quasi retta, ed il di cui asse non è subito, dai tempi in cui fu costruita fino ai nostri giorni, mutazioni degne di nota:

« Imola vede Bologna a $\frac{5}{8}$ di ponente inverso maestro con distanza di miglia 20.

« Castel San Pietro è veduto da Imola in mezzo infra ponente e maestro in distanza di miglia 7.

« Faenza è veduto da Imola infra levante e scirocco in mezzo ap[p]unto in distanza di migl[i]a 10, e 'l simile fa Forlì con Imola con distanza di miglia 20, e Forlimpopoli fa il simile con Forlì con distanza di miglia 25.

« Bertinoro si vede da Imola a $\frac{2}{8}$ di levante inverso scirocco con distanza di 27 miglia » (2).

Come mostra la qui unita tabella, le distanze date da Leonardo si accordano abbastanza con le vere, specie se le prime vengono ragguagliate al miglio fiorentino, ad eccezione di quella Forlimpopoli-Forlì, che appare evidentemente erronea: ma con ogni probabilità quivi il manoscritto contiene un errore di scritturazione. Il passo dianzi citato trovasi riprodotto con quasi identiche parole in un foglio di un altro codice vinciano, nel quale invece che « e Forlimpopoli fa il simile con Forlì con distanza di miglia 25 » si legge « Furlinpopoli fa il simile a 25 miglia da Imola » (3), ed allora il ragguaglio,

(1) L. B. ALBERTI, *De' Ludi Matematici libri uno* [in] *Opere Volgari di Leon Battista Alberti*, annotate e illustrate dal Dott. ANICIO BONUCCI. Tomo IV [pag. 346]. Firenze, tipografia Galileiana, 1847. — Vedi Appendice VII. I c.

(2) Manoscritto *W. L.*, fol. 229 recto. — RICHTER, II, § 1051.

(3) Manoscritto *L.*, fol. 88 verso.

come si scorge dalla tabella, si accorda abbastanza bene con la vera distanza intercedente fra le due città.

NOME DELLE LOCALITÀ	Distanza in miglia indicata da Leonardo	Ragguaglio in Km. delle equivalenti misure		Distanza reale in Km. arrotondati
		Toscane (m. 1654)	Milanesi (m. 1785)	
Imola-Bologna	20	33.08	35.70	32
Castel S. Pietro-Imola .	7	11.58	12.50	11
Faenza-Imola	10	16.54	17.85	15
Forlì-Imola	20	33.08	35.70	30
<i>Forlimpopoli-Forlì (?)</i> . .	25 ?	41.35 ?	44.62 ?	9
Bertinoro-Imola	27	44.66	48.20	40
Forlimpopoli-Imola . .	25	41.35	44.62	38

Ciò per le misure di terra: accennerò, per renderne meno incompleta la trattazione, ai metodi in uso per le distanze marine: dall'esame di alcuni portolani l'Uzielli (1) à concluso che la valutazione del miglio in mare doveva, nei tempi di cui discorriamo, dare risultati che differivano nella più varia guisa dalle vere distanze.

Riguardo il cammino percorso da una nave, fino ad ora si era ritenuto che la prima menzione del *loch* o *solcometro* non fosse anteriore al 1577, anno in cui venne in luce l'opera *A regiment for the sea* dell'inglese Burnes, pubblicata senza il nome dell'inventore; ma prima forse doveva essere tale cammino valutato dal tempo che un galleggiante libero, gettato a prua, impiega ad arrivare a poppa, sistema che trovasi men-

(1) G. UZIELLI, *Toscanelli* (1894), pag. 446.

zionato dal Cusano († 1464) nel suo dialogo *Idiota*, dopo accennato il mezzo per conoscere le profondità marine, di cui fra poco avrò occasione di dire:

« ORATOR. — Credo, tali & aliis modis, profunditatem aquarum investigari posse. Sed dicito: nonne etiam uelocitas motus nauis, confici sic poterit.

« IDIOTA. — Vt quo pacto:

« ORATOR. — Scilicet, per projectionem pomi in aquam ex prora, & fluxum aquae ex clepsydra, quousq. pomum ad puppim peruenerit, atq. comparatione ponderum aquae, uno & alio tempore » (1).

Oltre ad Erone (2), anche Vitruvio e Leon Battista Alberti descrivono dei solcometri, noti a Leonardo, come si rileva da una sua annotazione:

« *Del cognoscere quanto il navilio si move per ora.*

« Anno li nostri antichi usato diversi ingiegni per vedere che viaggio faccia u[n] navilio per ciascun ora, infra li quali Vetrurio [(3)] ne pone uno nella sua opera d'Architettura, il quale modo è fallacie insieme cogli altri; e questo è una rota da mulino tocca dall'onde marine nelle sue stremità, e mediante le intere sue rivoluzioni si descrive una linia retta che rappresenta la linia circonferenziale di tale rota ridotta in retitudine... Ma questa tale invenzione non è valida, se non nelle superficie piane e immobili de' laghi. Ma se l'acqua si move insieme col navilio con equal moto, allora tal rota resta immobile, e se l'acqua è di moto più o men veloce ch'l moto

(1) D. NICOLAI DE CVSIA Cardinalis Vtriusque Juris Doctoris... *Opera*. Basileae, ex officina Heuricpetrina, MDLXV. — *Idiotae: de staticis experimentis dialogus III* [pag. 177].

(2) ERONE, *Del traguardo* (1814), pagg. 138-139. — Vedi Appendice VII. II a.

(3) VITRUVIO, *L'Architettura* (1830-32). Libro X, pagg. 62-64. — Vedi Appendice VII. II b.

del navilio, ancora tal rota non à moto equale a quel del navilio, in modo che tale invenzione è di poca valitudine.

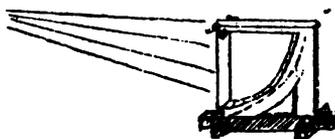
« Eccì un altro modo fatto colla sperienza d'uno spazio noto da una isola a un'altra; e questo si fa [con] u[n] asse [o] lieva percossa dal vento, che si fa tanto più o meno obliqua quanto il vento che la percote è più o men veloce, e questo è in Battista Alberti [1].

« Il modo di Battista Alberti ch'è fatto sopra la sperienza d'uno spazio noto da una isola a un'altra. Ma tale invenzione non riesce, se non a un navilio simile a quel dove è fatto tale esperienza, ma bisogna che sia col medesimo carico, e medesima vela, e medesima situazione di vela, e medesime grandezze d'onde [(2)]; ma il mio modo serve a ogni navilio, sì di remi come [a] vela, e sia piccolo o grande, stretto o lungo, o alto, o basso, sempre serve » (3).

Il Richter, a proposito dell'invenzione leonardiana, nota: « Leonardo does not reveal the method invented by him » (4). Mentre invero il manoscritto *G.* nulla reca in proposito, nel Codice Atlantico trovasi questo passo scritto sopra ad una specie di orologio solare:

« Qui bisogna un orologio, che mostri l'ore, punti e minuti.

« A misurare quanta via si vada per ora col corso d'un vento » (5).



(1) ALBERTI L. B., *De' Ludi*, ecc. (1847), pp. 437-38. — Vedi Appendice VII. II c.

(2) Leonardo critica pure l'invenzione dell'Alberti nel seguente passo: « Quella cosa c[h]e più si profonda nell'acqua meno è mossa dal vento che percote quella parte d'essa cosa ch'è for dell'acqua. Contro a Battista Alberti che da regola generale quanto il vento cacc un naviglio per ora „

Manoscritto *F.*, fol. 8a recto.

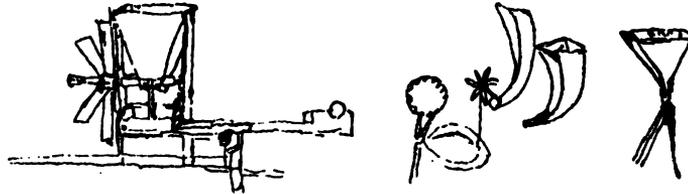
(3) Manoscritto *G.*, fol. 54 recto.

(4) RICHTER J. P., *The literary Works*, ecc., II, pag. 274, nota 5a.

(5) Codice Atlantico, fol. 249 verso a.

Nota l'analogia delle due citate frasi con i seguenti versi del

E più in basso, di fianco ad un ordigno a palette Leonardo nota « a sapere le miglia di mare ».



Le figure sopra riprodotte, con ogni probabilità, rappresentano abbozzi delle singole parti dello stesso strumento.

*
**

Esauriti gli accenni sulle misure adoperate da Leonardo, sulla loro riduzione in misure decimali, e sui sistemi in uso per apprezzare le distanze sia in terra che in mare, ritorniamo alla discussione relativa al diametro della terra.

*Il valore di 7.000 miglia a questo da Leonardo attribuito se espresso in unità milanesi (di m. 1784,809) sarebbe pari a m. 12.493.663: se in fiorentine (di m. 1653,607) a m. 11.575.249: quindi, nel primo caso, il valore del grado risulterebbe di m. 109.028, e nel secondo, di m. 101.013, il primo de' quali si accosta maggiormente a quello oggidì accettato ed al valore attribuitogli dal Toscanelli, come risulta dal qui unito prospetto.

libro III del poema *La Sfera*, del DATI, scritto nei primi anni del 1400:

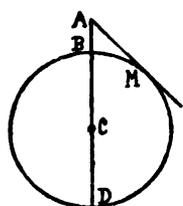
Bisogna l'ortuolo per mirare
 Quante ore con un vento siano andati,
 E quante miglia per ore arbitrare.

La Sfera, libri quattro in ottava rima, di F. LEONARD. DI STAGIO DATI, ecc. [pag. 29]. Milano, G. Daelli e C., MDCCCLXV.

ANNI	AUTORI	UNITÀ IPINERARIE contenute in un grado terrestre	EQUIVALENZA in metri di ciascuna unità	VALORE di un grado in metri
Il secolo dell'Era volgare	Tolomeo	62 $\frac{1}{2}$ miglia romane	1.481	92.562
+ 1482	Toscanelli	67 $\frac{2}{3}$ miglia fiorentine	1.653,607	111.927
1493-1506	Colombo	56 $\frac{2}{3}$ miglia romane	1.481	83.923
1666	Newton	60 miglia inglesi	1.523,986	91.439
1669-70	Picard	57,060 tese francesi	1.949,040	111.112
1757	Ximenes	67 $\frac{3}{4}$ miglia fiorentine	1.653,607	111.500
1792-98	Delambre e Mechain	57,038 tese francesi	1.949,040	111.111
1831-36	Bessel e Baeyer	57,144 id.	id.	111.375
1894	Faye	111.132 metri	-	111.132

Nel passo riportato a pag. 27-28, parlando della sfericità della terra, Leonardo soggiunge che « l'occhio posto alla pelle del mare questo vede esso orizzonte vicino un mezzo miglio, o circa; e se l'uomo s'innalza con l'occhio, quant'è la sua universale altezza, l'orizzonte si vede remoto da lui sette miglia... » (1).

Con i dati testè recati è pur possibile conoscere le dimensioni della terra, perchè con essi, dal punto di vista teorico, si può calcolare il diametro di una sfera: essendo noto AB , altezza dell'osservatore, ed AM , distanza dell'orizzonte, per un noto teorema si à:



$$AB + BD : AM = AM : AB$$

da cui:

$$\frac{AM^2 - AB^2}{AB} = BD.$$

Per sostituire alle lettere i valori, è necessario anzitutto conoscere la statura media dell'uomo. Ora Leonardo che, come tutti sanno, si è occupato molto dello studio delle proporzioni del corpo umano, a questo proposito osserva che « se l'omo di

(1) *Trattato della Pittura* (1882), II, § 936.

Confrontinsi pure i seguenti due passi analoghi:

a) Codice Atlantico, fol. 76 verso b.

« In sette miglia della spera del mondo l'uno omo vede l'orizzonte alli piedi dell'altro, e in 14 miglia l'uno omo vede il medesimo orizzonte all'altezza degli occhi dell'altro, essendo essi omini di grandezza equali. Provasi: e sia nom una parte di mare tranquillo di 14 miglia di lunghezza; an e cn sieno li due omini predetti, de' quali ciascuno vede insino all'orizzonte o , dove stando l'omo o co' piedi suoi, dico addunque che l'occhio dell'uomo a vedrà l'orizzonte o alli piedi dell'omo ob , e l' simile farà l'occhio dell'omo cm ».



b) *Trattato della Pittura* (1882), Vol. II, § 939 b, pag. 338.

« Se a b sono dui uomini, l'orizzonte n verrà al pari della loro altezza ».

2 braccia è piccolo, quello di 4 è troppo grande, essendo la via di mezzo laldabile. Il mezzo infra 2 e 4 si è 3: adunque piglia un omo di 3 braccia, e quella misura colla regola ch'io ti darò » (1). Quindi, secondo che le braccia in discorso si riferiscono ad unità milanesi oppure a fiorentine, l'altezza media dell'uomo sarà rispettivamente di m. 1,78 od 1,65: quest'ultimo si accorda con il dato offertoci dal Quetelet (2), dalle cui ricerche risulta che l'uomo completamente sviluppato, nel Belgio raggiunge un'altezza media di m. 1,689.

In base ai rispettivi valori del miglio e del piede, se si calcola il diametro della terra con gli elementi e con il metodo dianzi riportato, si riesce a risultati oltremodo erronei, specie rispetto a quelli ottenuti nel paragrafo precedente.

*
* *

Leonardo fu un appassionato cultore delle matematiche, che Egli vuole costituiscono la base, il vero cardine delle dimostrazioni: « nissuna humana investigazione » scrive « si po dimandare vera scienza, s'essa non passa per le matematiche dimostrazioni (3). Nessuna certezza è dove non si po applicare una delle scienze matematiche, over che non sono unite con esse matematiche » (4). Anzi, rivolgendosi Egli al lettore de' suoi scritti, così lo avverte: « non mi legga chi non è matematico, nella mia principi » (5).

Ora fra le pagine vinciane troviamo alcuni passi relativi alla misura delle dimensioni della terra, fondate tutte su teoremi

(1) Codice Atlantico, fol. 160 recto a.

(2) QUETELET A., *Antropometria, o misura delle differenti facoltà dell'uomo* [in] *Biblioteca dell'Economista*, Serie III, Vol. II [pag. 1118]. Torino, 1878.

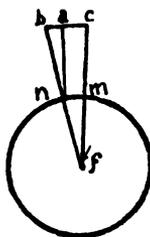
(3) *Trattato della Pittura* (1882), Vol. I, § 1.

(4) Manoscritto G., fol. 96 verso.

(5) Manoscritto W., An. IV. fol. 163 verso. — RICHTER I, § 3, pag. 11.

geometrici, intorno a' quali è necessario rivolgere brevemente la nostra attenzione.

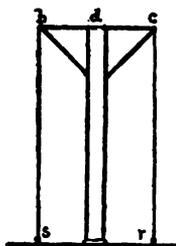
« *Modo di misurare dalla superficie della terra al suo cietro.*



« Tanto quanto ab entra in an , tanto cb entra in cf . E se tu trovi che in una altez[za] di 100 braccia e larg[h]ez[za] di 25, mn sia più stretto che cb uno filo, tanti fili quanti ent[r]erà in cb tante centinaia di braccia fia da bc in sino al cietro f » (1).

Ciò è evidente per un elementare teorema sui triangoli simili abn e bcf , notando che ab rappresenta appunto la differenza fra bc ed mn .

Come applicazione di tale principio, Leonardo prosegue così:



« Se volessi misurare quanto spazio è dalla superficie della terra al suo cietro farai in questa forma: monta in su un campanile, che sia alto 100 braccia, il quale sia d e di poi porgi fuori d'esso 2 aste, le quali siano cd e similmente db , e a ciaschuna aste sia appichati 2 sottili fili che vadino in sino a ter[r]a con 2 pionbi, i quali fili sieno cr e così bs ; di poi guarda e misura quanto è più stretto lo spazio rs che cb , e sarà più stretto quanto e da

(1) Manoscritto A., fol. 20 verso.

Faccio osservare che nel passo sovracitato, è degna di rimarco la parola *filo*, che sembra adoperata quale unità di misura, e che forse corrisponde a quella usata dal Toscanelli in un foglio de' suoi elenchi di coordinate geografiche:

« Gradus continet 68 miliaria minus 3^a unius.

Miliarium tria millia brachia

Bracchium duos palmos

Palmus, 12 uncias, 7 filis ».

Per tale suddivisione, non mai prima rinvenuta, vedasi quanto ne scrive l'UZZELLI nel molte volte citato suo *Toscanelli* (pag. 459).

ab tanto quanto esso ab entra in as , tanto cb entra da se insino al centro del mondo. E tanto quanto ab entra in bc tante volte l'alteza del campanile entra dalla sua somità insino al centro del mondo » (1).

Con forma molto involuta, e qualche volta proprio incomprendibile, a me pare che Leonardo voglia esprimere le seguenti proporzioni:

$$\frac{bc}{sr} = \frac{ab}{as}; \frac{bc - sr}{ab - as} = \frac{bc}{ab}; \frac{bc - sr}{bc} = \frac{h}{ad}$$

dove con a s'intende il centro della terra e con h l'altezza del campanile.

Tale sistema, inutile il dirlo, è tutt'altro che pratico: basti osservare che per una torre di 100 metri d'altezza, affinché la differenza $bc - sr$ sia di un solo centimetro, sarebbe necessario che bc fosse di oltre 630 metri!

Nel Codice Atlantico trovasi accennato questo altro metodo:

« Se tu vuoi misurare con novo modo la grandezza della terra, avendo io visto infra i matematici speculatori le varie openioni della grandezza de l'orbicolare macchina terrestre, ò giudicato ch'essendo infra tanti disputatori tante varie sentenzie, che la certezza della verità sia assai lontana da loro; in però che, se il vero fussi pervenuto ai loro ingegni, tutti sariano d'una medesima sentenza [(2)]; e, sopra questa tanta diversità d'openioni, ò preso ardire creare, over comporre uno istrumento il quale adoprerei in questa forma: sia adunque tolto un'asse d'altezza d'otto braccia, e larga uno, nella forma dello strumento *A*, qui d'accanto; e porratti in su 'n un lito marino, e falle

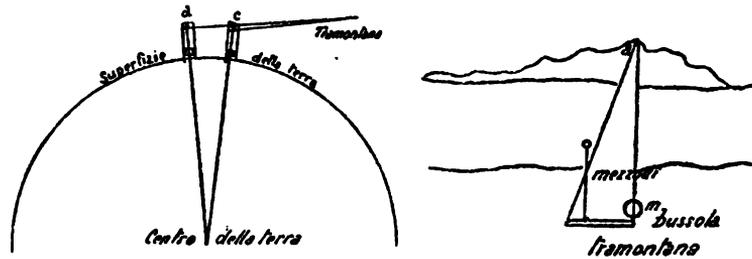


(1) Manoscritto *A*, fol. 20 verso.

(2) Noto per lo studio del pensiero vinciano la concordanza dei concetti qui esposti con quelli che si trovano espressi nel *Trattato della Pittura* (ediz. Ludwig, 1882, Vol. I, Parte I, § 33, pagg. 68-69):

« E se noi dubitiamo della certezza di ciascuna cosa, che passa per

2 anelli, com'appare *fg*, pe' quali tu possi intra guardare la tramontana, e nota dove 'l filo, che si dirizza a 'l centro, scontra al piè dell'asse: di poi poni una bussola, a 'l piè di detta asse, la qual sia un pò grande, che tu ne possa fare



livello in una montagna, che sia lontana quanto puoi vedere per mezzo di; ma il meglio sarebbe far porre in detta montagna, di notte, un lume, e quello di notte misurare, come appare in la figura di sopra, ne 'l punto *n*; e quando sai appunto le miglia, vavvi colla medesima asse, e riguarda per medesimi anelli la tramontana, e nota il piombino, che si dirizza al centro terrestre, e vedrai comporre da le linee fatte da' piombi, un triangolo: e tanto quanto entra la basa della piramide, tanto entrano le tue miglia sino al centro terrestre, siccome appare di sopra, ne la figura *dc* > (1).

È a notarsi infatti che essendo fissi gli anelli *fg* del traguardo, perchè da essi si miri alla tramontana in ambedue

li sensi, quanto maggiormente dobbiamo noi dubitare delle cose ribelli a essi sensi, come dell'assenza di Dio e dell'anima e simili, per le quali sempre si disputa e contende; e veramente accade, che sempre dove manca la ragione supplisce le grida, la qual cosa non accade nelle cose certe. Per questo [diremo] che dove si grida non è vera scienza, perchè la verità ha un sol termine, il quale essendo pubblicato, il litigio resta in eterno distrutto, e s'esso litigio resurge, là [è] bugliar[d]a e confusa scienza, e non certezza rinata „.

(1) Codice Atlantico, fol. 269 verso *a*.

Un abbozzo di questa disposizione trovasi pure fra le figure del fol. 20 verso del manoscritto *A*.

le stazioni lontane molte miglia, la tavola *A* non deve essere nei due punti egualmente inclinata sulla superficie terrestre, e che quindi il piombino segnerà su di essa punti diversi, formando con le sue due direzioni sull'asse un angolo eguale a quello de' raggi terrestri rispondenti alle due stazioni.

La bussola che mira ad un punto lontano a mezzodì serve a mantenere lo spostamento della tavola lungo il meridiano.





CAPITOLO V.

Il livello del mare e l'altezza delle montagne.

La sfera dell'acqua, sua posizione: concetti ed erronee deduzioni di Brunetto Latini e Ristoro d'Arezzo. — La « *Quaestio de aqua et terra* ». — Leonardo combatte gli errori e di pregiudizî de' suoi tempi. — Uguaglianza del livello marino: l'evaporazione e le precipitazioni in rapporto al livello del mare; il livello de' liquidi ne' vasi comunicanti. — Il riferimento delle altitudini dei rilievi tellurici: l'altezza delle montagne; apprezzamenti erronei. — Una ascensione scientifica sul Monte Rosa; l'azzurro dell'aria. — Distribuzione altimetrica della vegetazione; precetti pittorici. — Effetti della caduta delle folgori.

GENERALMENTE parlando possiamo dire che la scienza medievale ammetteva che l'acqua si trovasse in un luogo qualunque ad un livello superiore a quello della terra asciutta. A sì erronea concezione gli scrittori erano stati condotti essenzialmente da considerazioni sulla posizione della sfera dell'acqua rispetto a quella della terra: le sfere dei quattro elementi posavano — come ò detto — concentricamente al di sopra ed al di fuori l'una dell'altra nel seguente ordine: Terra, Acqua, Aria e Fuoco, d'onde ne veniva che l'elemento acqua era superiore a quello della terra.

Tale questione è per il presente studio della massima importanza, giacchè vedremo derivarne erronee risoluzioni relative alle origine delle sorgenti. Brunetto Latini, per esempio, non solo sostiene che l'elemento acqua à il *proprio loco* al di sopra dell'elemento terra, ma che anche il mare sta sopra alla terra stessa: « E se... è vero che l'acqua seggia in su la terra, dunque è ella più alta che la terra. E se il mare è più alto

che la terra, dunque non è meraviglia delle fontane che escono su nell'alte montagne: ch'egli è propria natura dell'acqua che ella monta tanto quanto ella scende » (1).

E Ristoro d'Arezzo discorre a lungo sulla dibattuta questione: « Può bene salire » dice « l'acqua nel monte secondo questa via, per ragione che, con ciò sia cosa che l'acqua sia sferica, e per ragione debbia coprire tutta la terra intorno, secondo questa via sarà più alta l'acqua della terra » (2). Quindi, dopo aver accennato come una quarta parte della terra non sia coperta dall'acqua, essendo essa « cessata ed ammollata sopra la terra a cagione della generazione », così riprende: « e la terra ragionevolmente de' stare di sotto dell'acqua, imperciò ch'ella è più grave: e l'acqua dee stare di sopra e maggiormente più suso, imperciò ch'ella è ammollata l'una sopra l'altra...; e l'acqua, ch'è mollata, la qual tiene le 3 parti della terra, è più alta della terra: grava la parte di sopra quella di sotto ed impieme inverso la terra, truova la terra spugnosa per la virtude del cielo e forata... E l'acqua, che passa entro per li pertugi della terra, quando viene a salire al monte, di se non può, ma il grande peso dell'acqua ammollata, la qual è più alta della terra e del monte, prieme e caccia l'una acqua l'altra entro per li pertugi e forati, e per forza la fa andare a sommo il monte » (3).

L'acqua adunque si troverebbe ad una maggiore altezza che non avrebbe in altra guisa; e quindi eserciterebbe una pressione su lo strato inferiore che costringerebbe a rialzarsi ed a scorrere entro le interne vene delle montagne. Ad ogni modo però, come osserva il Moore (4), queste si trovano sempre al disotto del livello della sfera dell'acqua.

La questione ora accennata era di sì vivo interesse ed oggetto di continue discussioni per parte de' filosofi, che Dante,

(1) BRUNETTO LATINI, *Il Tesoro*, ecc. (1878), Libro II, Cap. XXXVI, Vol. I, pagg. 317-18.

(2) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 84.

(3) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 84.

(4) MOORE E., *L'autenticità*, ecc., (1889), pag. 77.

o l'anonimo autore della *Quaestio de aqua et terra*, così comincia il paragrafo primo: « Manifestum sit omnibus vobis, quod, existente me Mantuae, quaestio quaedam exorta est, quae dilatata multoties, ad apparentiam magis quam ad veritatem, indeterminata restabat » (1).

Ed è appunto per amore della verità che Dante, o l'anonimo Autore, la volle trattare poi in modo esauriente, definitivo, in un discorso che si dice tenuto in Verona, nel tempio di S. Elena, il giorno 20 gennaio 1328, cioè, circa diciotto mesi prima della morte dell'Allighieri.

Le conclusioni della parte che ci riguarda possono essere riassunte così: quantunque l'elemento acqua nella propria sfera sia al di sopra dell'elemento terra, in nessun luogo si trova superiormente al livello della *terra detecta*, ossia *emergens*. Questa costituisce la quarta parte della superficie del globo (*quarta habitabilis*), la quale gode di una posizione eccezionale rispetto alla sfera regolare dell'elemento terra, e costituisce una gibbosità su quella superficie sferica.

Lo scritto in discorso fu impresso per la prima volta in Venezia nell'anno 1508 (cioè, duecento anni dopo la morte del Poeta) con i tipi di Manfredo di Monteferrato, a cura di Giovanni Battista Moncetti da Castiglion Aretino, uomo che i critici dipingono come *malfido* e *vano*, ma che pur, asseriscono, godette una considerevole riputazione siccome matematico ed astrologo.

Sulla autenticità dell'autore dello scritto in discorso fu sollevato un serio dibattito: che fosse opera di Dante, sostennero il Torri, il Fraticelli, il Giuliani, lo Stoppani, il Boehmer, lo Schmidt,: al contrario invece la pensarono il Tiraboschi, l'Arrivabene, il Foscolo, il Troya, lo Scartazzini, il Bartoli, il Renier ed altri parecchi. L'opinione de' primi non è guari venne ripresa dal Moore con la dissertazione già varie volte citata.

(1) *Quaestio de aqua et terra* [in] *Le opere latine di Dante Allighieri, reintegrate nel testo, con nuovi commenti, da GIAMBATTISTA GIULIANI, Vol. II* [§ 1, pag. 355]. Firenze, successori Le Monnier, 1882.

La *Quaestio*, mentre contiene risolto il problema proposto, contrariamente a quanto afferma lo Stoppani (1), non racchiude, a mio giudizio, quelle maravigliose anticipazioni, che troppo letteralmente interpretate, àno fornite le armi più efficaci per impugnarne l'autenticità.

In una questione essenziale io dissento dal Moore: che, cioè, al tempo della pubblicazione della *Quaestio*, il problema di cui era oggetto, fosse risolto (2).

Chiunque sia un po' pratico dei manoscritti vinciani, sa come Leonardo soleva spesso sopra determinate questioni annotare anche l'opinione di coloro che la pensavano in modo diverso da quello che costituiva la sua convinzione particolare. Ora appunto nel manoscritto *A* troviamo:

« Opinione d'alcuni che dicono che l'acqua d'alcuni mari è più alta che le più alte sommità de' monti e però si è sospinta l'acqua a esse sommità.

(1) *La questione dell'acqua e della terra di Dante Allighieri*, lettera di ANTONIO STOPPANI al prof. G. B. Giuliani [in] *Le opere latine*, ecc. (1882), Vol. II [pagg. 451-63].

(2) Mentre stavo correggendo le bozze di stampa del presente capitolo, venne in luce un esauriente studio del prof. G. BOFFITO dal titolo: *Intorno alla " Quaestio de aqua et terra " attribuita a Dante. Memoria I: La controversia dell'acqua e della terra prima e dopo Dante* (Memorie della R. Acc. delle Sc. di Torino, Serie II, Vol. LI, pagg. 73-159, Torino, 1902) dalla quale, dietro un'accurata rivista delle varie opinioni in proposito messe fuori da moltissimi autori, risulta:

Che non c'è ragione alcuna per dire che la *Quaestio* sia nata al tempo di Dante, sebbene già fin d'allora esistessero quasi tutti gli elementi dall'incontro dei quali essa doveva avere origine;

Che è ben difficile, per non dire impossibile, che Dante ne sia stato l'autore;

Che vi ha più di una ragione per credere che sia nata sul finire del secolo XIV o sul principio del XV, ma quasi egual numero di ragioni vi hanno per ritenerla originata tra il secolo XV e XVI;

Che l'A. della *Quaestio* s'ha a cercare nella scuola teologica agostiniana, rimanendo tuttavia incerto se si debba identificare con Giovanni Benedetto Moncetti, primo editore della *Quaestio*, o con altro qualsiasi Agostiniano, e più probabilmente con Paolo Veneto. — Ciò concorda in massima con quanto avevo scritto nel contesto.

« L'acqua non si moverà da loco a loco, se la bassezza non la tira. E per corso naturale non potrà mai ritornare a[d] altez[z]a simile al primo loco dove nell'uscire de monti si mostrò al cielo. E quella parte del mare che, co[n] falsa immaginazione, tu dicevi esser sì alta che versava per le cime del[l]i alti monti, per [dopo] tanti secoli sarebbe consumata e versata per l'uscita d'essa montagna: tu puoi bene pensare che [dopo] tanto tempo che Tigris ed Eufrates àno versato per le sommità de' monti (le *acque*) e [le] ruine che si può credere che tutta l'acqua dell'Ocieano sia moltissime volte passata per dette bocche. Or non credi tu che 'l Nilo abbia messo più acqua in mare che non al presente tutto l'elemento dell'acqua [?].



« Certo si è che se detta acqua fusse caduta fori di questo corpo della terra, questa macchina, sarebbe già [da] lungo tempo stata senz'acqua; sì che si può conchiudere che l'acqua vadi dai fiumi al mare e dal mare ai fiumi, sempre così raggirando e voltandosi e che tutto il mare e i fiumi sia[no] passati per la bocca del Nilo infinite volte » (1).

Anzi da quest'altro passo pare che l'opinione di ritenere il mare più alto della terra scoperta fosse abbastanza comune ai tempi del Vinci:

« *D'alcuni che dicano l'acqua essere più alta che la terra scoperta.*

« Certo non poca ammirazione mi dà la comune opinione,

(1) Manoscritto A., fol. 56 recto e verso.

Noto che il concetto della circolazione delle acque, come è espresso nell'ultimo capoverso, collima con quanto si trova in Ristoro: « adunque se noi troviamo l'acqua continuamente uscire da sommo li monti, e scendere giù nel piano, e correre, e entrare nel mare continuamente, è misteri ch'ella esca del mare per un'altra via opposta, e salga a sommo li monti: e secondo questa via potemo per ragione dire, che l'acqua [che] corre giù per lo fiume, sia già corsa molte volte, e l'acqua che piove, sia già piovuta molte volte ».

RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pagg. 84-85.

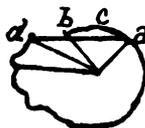
fatta contro al vero, dall'universale concorso de' giudizi delli uomini, e questo è che tutti s'accordano che la superficie del mare sia più alta che l'altissime cime delle montagne, allegando molte vane e puerili ragioni contro ai quali io n' allegherò solo una semplice e breve ragione. Noi vediamo chiaro che se si toglie via l'argine al mare che lui vestirà la terra e farà di perfetta rotondità; or considera quanta terra si levrebbe a fare che l'onde marine coprissero il mondo, adunque ciò che si levassi sarebbe più alto che la riva del mare » (1).

Infine dirò che nel manoscritto *F.* — che pare conservato nella sua integrità, e che fu cominciato nel 1508 (2), vale a dire proprio nell'anno in cui uscì per la prima volta per le stampe la *Quaestio* a cura del Moncetti — Leonardo ritornò nuovamente sulla dibattuta questione:

« *Del mare a molti semplici par più alto che la terra che li fa lito.*

« Naturalmente nessuna parte della terra discoperta da l'a[c]que fia mai più bassa che la superficie della sfera d'acqua ».

« *db* è una pianura, donde corre un fiume al mare, la qual pianura à per termine esso mare, e perchè in vero essa terra scoperta non è nel sito dell'equalità; perchè se così fussi il fiume non arebbe moto; onde movendosi questo sito, è piuttosto da esser detto spiaggia, che pianura, e così essa pianura *db* termina in tal modo colla sfera dell'acqua, che chi la producessi in continua retitudine in *ba*, essa *a* entrerebbe sotto il mare; e da qui nasce, che 'l mare *acd*[*b*] pare più alto che la terra discoperta » (3).



(1) Manoscritto *A.*, fol. 58 verso.

(2) Questo manoscritto, che à paginazione autografa di Leonardo, comincia con le seguenti parole scritte sul recto del 1° foglio: « cominciato a Milano addì 12 di settembre 1508 ».

(3) Manoscritto *F.*, fol. 73 recto.

Questo passo, con alcune leggieri varianti di trascrizione, costituisce il cap. XIX del libro I, del trattato *Del moto*, ecc. (1826), pag. 281.

I concetti testè esposti collimano interamente con queste altre proposizioni vinciane:

« In fra la som[m]a della universal macchina della terra, quella parte fia più bassa, la quale fia sommersa dal mare » (1).

«Nessuna parte di terra che non sia sommersa dall'Occieano sarà più bassa d'esso Occieano » (2).

« La più bassa parte del mondo si è i mari dove corre tutti i fiumi.

« Il fiume non ferma mai il suo moto, se non in mare: adunque il mare è la più bassa parte del mondo » (3).

Donde « nessuna superfizie d'acqua p[u]ò per sua natura essere più bassa che quella del mare » (4).

Uno dei veri che, secondo lo Stoppani (5), si trova affermato e dimostrato nella *Quaestio* di Dante si è l'uguaglianza del livello marino. Il chiaro geologo lombardo aggiunge che l'acqua per sua natura istessa scorre in giù fino a tanto che tutti i punti della superficie del mare siano allo stesso livello, onde « necesse est ut ipsam [aquam] esse concentricam et coequam, hoc est aequaliter in omni parte suae circumferentiae distantem a centro mundi » (6), ossia dal centro della terra « quum centrum terrae sit centrum universi, ut ab omnibus confirmatur » (7). Condizione vera se si prescindere dal rigonfiamento equatoriale, dalle oscillazioni lievissime causate dalle maree e dalle tempeste, da leggiere disequaglianze di livello fra mare e mare non direttamente comunicanti, ecc. ecc.

(1) Manoscritto A., fol. 59 verso.

(2) Manoscritto G., fol. 70 recto.

(3) Codice Atlantico, fol. 80 recto b.

(4) Manoscritto A., fol. 60 recto.

Altro passo analogo si trova nel manoscritto F. (fol. 41 recto):

« Nessuna superfizie d'acqua che confini coll'aria sarà mai più bassa che quella del mare ».

(5) STOPPANI A., *La Questione*, ecc. (1882), pagg. 452-53.

(6) *Quaestio de aqua et terra* [in] *Le Opere latine*, ecc. (1882), Vol. II [§ XIV, pag. 363].

(7) *Quaestio de aqua et terra* [in] *Le Opere latine*, ecc. (1882), Vol. II, [§ III, pag. 356].

Ora mentre generalmente ancora ai tempi di Leonardo si credeva che qua e là vi fossero grandi rigonfiamenti acquei, e che quindi forti dislivelli esistessero fra i mari posti in comunicazione non immediata, Leonardo invece combatte tali veti pregiudizi:

« *Prova che la sfera dell'acqua è perfettamente tonda.*

« L'acqua da se non si move s'ella non discende, e, movendosi da se, seguita ch'ella discende. Nessuna parte della sfera dell'acqua è per muoversi da se medesima per essere circondata da acqua d'eguale altezza che la rinchiude, e non la po per nessun verso superare. — Qui in margine si mostra la pruova: abn sia la sfera dell'acqua; abc sia una quantità d'acqua circondata e rinc[h]iusa dall'acqua ab ; dico per le passate conclusioni che l'acqua c non si moverà per non trovare dissenso per la definizione del cerchio, perchè a e b son remoti dal centro del mondo sicome c , sequita che c resta immobile » (1).



Anzi « la sfera dell'acqua desidera perfetta retondità, e quella parte, che supera la sua universal superficie, non può durare, e con breve tempo si spiana » (2).

Egli è ben vero che Leonardo ammette che le piogge dirotte è prolungate possano far crescere la sfera dell'acqua. « La sfera dell'acqua » scrive « cresce e discesce sensibilmente o insensibile secondo li maggiori o minori più universali o meno universali diluvi delle acque rendute a essa sfera dell'acqua » (3); ma ad ovviare ciò, concorrono l'evaporazione

(1) Manoscritto *F.*, fol. 82 verso.

Questo passo, con lievi varianti, costituisce il cap. V del Libro I [pag. 276] del trattato *Del moto e della misura dell'acqua* (1826).

(2) Codice Atlantico, fol. 264 recto *b.*

(3) Manoscritto *F.*, fol. 65 verso.

Il passo citato costituisce il capitolo XIII del libro primo del trattato *Del moto e misura dell'acqua* (1826), pag. 279, ove porta il titolo « Dell'accrescimento della sfera dell'acqua »; per di più all'ultima parola è aggiunte le seguenti: *de' fiumi e piogge*, ecc.

ed il principio fisico a tutti noto del livello dei liquidi nei vasi comunicanti, per il quale si stabiliscono le correnti marine delle quali parleremo a suo luogo.

Riguardo all'effetto della evaporazione chiaro ed esplicito risulta il pensiero di Leonardo nella seguente annotazione:

« Della consumazione, over vaporazion dell'acqua del mare mediterrano.

« El mare mediterrano, fiume massimo, interposto infralla Africa, Asia ed Europa, raccoglie in sè circa trecento fiumi reali, e, oltre a di questi, riceve le piogge, che per ispazio di tremila miglia sopra lui discendano. Questo rende al grande mare oceano le sue e altre ricevute acque, e, senza dubbio, men ne dà al mare, che non son quelle che riceve, perchè di lui discende molte vene, le quali discorran per le viscere della terra a vivificare essa macchina terrestre; e questo è necessario per essere la superfizie d'esso mediterrano più remota dal centro del mondo che la superfizie di tale oceano, com'è provato nel 2º di questo; e, oltre a di questo, il calore del sole al continuo vapore assai di tale acqua mediterrana, e per questo, esso mare può acquistare poco accrescimento per le dette piove, o poca diminuzione per il versar le ricevute acque nell'oceano, o per esser vaporata dal calor del sole, o dal corso de' secchi venti » (1).

Per l'importanza che hanno poi i principj stabiliti da Leonardo sul livello dei liquidi nei vasi comunicanti, in rapporto ad alcuni essenziali problemi di fisica terrestre, è necessario insistere brevemente su di essi e riportare integralmente alcune proposizioni:

a) Codice Atlantico? fol. ? — Govi [in] *Saggio*, ecc. (1872), [pag. 12].

« Le superfizie di tutti i liquidi immobili, li quali infra loro fieno congiunti, sempre fieno d'eguale altezza.

(1) Codice Atlantico, fol. 263 verso b.

« *b*) Manoscritto *E.*, fol. 74 verso.

« *De ponderation[e] de' liquidi.*

« La bilancia *a* e *g*, la qual son due canne, in congiunzione angulare nelle lor parte inferior[e]; e l'acqua che in lor si rinchiude è congiunta, e à da uno lato alquanto d'olio e dall'altra è semplice acqua. Dico che li stremi di tali acque dell'una o l'altra canna non resterà nel sito della equalità, ne anche la superficie dell'olio si ritroverà nel sito dell'equalità co[n] la superficie dell'acqua posta nella opposita canna.

« Provasi perchè l'olio è men grave che l'acqua, e per questo sta sopra dell'acqua, e la sua gravez[za] giunta [i]n una medesima canna colla gravez[za] dell'acqua che li sta di sotto, si fia eguale al peso dell'acqua che li sta per contropeso nella canna opposita a lei congiunta. Ma perchè è detto che l'olio è men grave che l'acqua, egli è neciessario che a volersi equiparare col peso dell'[a]cqua che manca sotto a di lui, che sia maggiore quantità ch'essa acqua che manca e per conseguenza ch'elli occupi mag[g]iore spazio in essa canna che non avrebbe fatto altrettanto peso d'acqua: e per questo la superficie dell'olio è più alta nella sua canna che non è la superficie dell'acqua nella canna opposita, e la superficie dell'acqua che sta sotto l'olio è più bassa che la superficie dell'acqua opposita.



« [fig. 2]. Per l'avversario la superficie *mn* leverà in alto la superficie *st*. — *abcd* è olio, e i[l] liquido *cdef* è acqua.

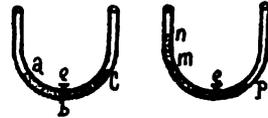
« Se l'olio sarà la metà più lieve che l'acqua, questo terzo strumen[to] a[v]rà da un lato la superficie dell'acqua a riscontro al cietro della gravità dell'olio; e sian le canne varie in grossessa quanto essere si vogliono, e l'olio in che quantità si voglia, che mai tal regola non si varierà del predetto ordine » (1).

(1). Questo passo costituisce i cap. LXXVII e LXXVIII del Libro VIII [pag. 437] del trattato *Del moto e misura dell'acqua* (1826), ove à per titolo "De' contrappesi ».

c) Codice Atlantico, fol. 219 verso a.

Questo foglio contiene oltre a varie figure riferentisi a problemi idrostatici — fra le quali richiamo l'attenzione sulle due qui riprodotte, — anche la descrizione della seguente esperienza:

« *ab* sia ariente vivo, *bc* sia acqua comune, e *b* sia una chiave, che divide l'argiento vivo dall'acqua preducta; dico che se tal chiave si volta in modo ch' il condotto si unisca, che l'ariente vivo enterrà sotto l'acqua, e nessuna parte enterrà sotto l'ariente vivo, e farà li pesi equali d' acqua e ariente ».



d) Govi [in] *Saggio*, ecc. (1872), pag. 18.

« Vedrai che essendo l'un sopra dell'altro [l'acqua e l'argiento vivo], tal proporzione fieno le loro grossezze, quale quella dei loro pesi, ma è proporzione conversa, cioè l'argiento vivo sarà tanto di minor grossezza che l'acqua, quanto esso è più grave ».

Dalle proposizioni, dalle esperienze e dalle figure sopra riportate si deduce che Leonardo riteneva:

a) che nei vasi comunicanti, pure aventi forma diversa, un medesimo liquido si eleva sempre alla stessa altezza (questo bene s'intende se non intervengono fenomeni di adesione o di coesione a modificare la legge di equilibrio);

b) che invece trattandosi di liquidi eterogenei le rispettive altezze sono in ragione inversa della loro densità.

Infine, presi a base i concetti dianzi esposti e quelli sui quali abbiamo già fissata l'attenzione trattando del centro della terra e degli altri elementi, siccome « il sito della equalità è quello del quale tutte le sue parti sono equalmente distanti dal centro del mondo » (1), cioè del globo terraqueo, che è

(1) Codice Atlantico, 112 recto b.

poi, per quanto abbiamo detto, quello della sfera dell'acqua (1), per ciò Leonardo stabilisce che l'altitudine delle montagne si debba riferire al livello del mare. « Nessun de' monti d'Europa si leva un miglio sopra la pelle delli nostri mari » (2) scrive Egli però con evidente erronea valutazione, ed anche « chiaro apparisce che tutta la superfizie dell'ociano, quando non à fortuna [3], è di pari distanza [d]al centro de la terra, e che le cime delle montagne sono tanto più lontane da esso centro, quanto elle s'alzano sop[r]a alla superfizie d'esso mare » (4).

Il concetto che i mari, anche non direttamente comunicanti, abbiano un livello comune, trovasi così ampiamente discusso in Leonardo. Egli considerava « ... [il] Mar Caspio ... colli fiumi che in lui versano, sempre versa per cave sotterrane in esso mar di Ponto » (5), e per di più, contrariamente alla scienza d'allora, ammetteva anche « che la superficie del Mar Rosso è in livello coll'Oceano » (6).

(1) Manoscritto *A.*, fol. 58 verso. — Cfr. pag. 31 del presente lavoro.

(2) Manoscritto *F.*, fol. 50 recto.

Su questa interessantissima questione noto che il Marinelli à scritto che « l'Italia... ebbe il merito di essere stata il primo paese dove si sia creduto di assumere un piano ben determinato di livello, quale punto di origine delle altitudini, nella *comune alla marea*, della cui adozione... è fatto cenno a Venezia fin dal 1440, il che non esclude che fosse adottata ben prima ».

G. MARINELLI [in] *La Terra*, Vol. VIII [pag. 28]. Milano (in corso di stampa).

(3) Questo concetto trovasi pure espresso in altro passo: « Acqua è infra li quattro elementi il secondo men grievo e di seconda volubilità, questa non à mai requie, insino che si congiungeria al suo marittimo elemento, dove, non e[ss]endo molestata dai venti si stabilisce, e riposa con la superfizie equidistante dal centro del mondo. — Manoscritto *E.*, fol. 26 verso. — *Del moto e misura dell'acqua* (1826), Libro I, Cap. III, pag. 274.

(4) Manoscritto *A.*, fol. 55 verso.

Parlando dei grandi laghi Niliaci scrive — come vedremo a suo luogo — che « trovansi..... alti sopra la sfera dell'acqua circa a 4000 braccia (Manoscritto *Leic.*, fol. 34 verso. — RICHTER, II, § 1095).

(5) Manoscritto *Leic.*, fol. 31 verso. — RICHTER, II, § 1108.

(6) Codice Atlantico, fol. 321 verso [in] *Saggio*, ecc. (1872), tav. VII.

Riguardò pure il Vinci, come ò già detto, il centro della sfera dell'acqua come centro del globo, ed asserisce che per qualunque ragione il livello della sfera dell'acqua sarà sempre equidistante dal centro del globo terraqueo:

« Ogni parte dell'acqua desidera che le sue parte sieno, si come tutto lo elemento, equalmente distante dal suo cietro » (1).

« Faccia mutazion la terra colla sua gravezza, quante farsi voglia, che mai la superfizie della spera dell'acqua non si partirà dalla sua equidistanza col centro del mondo » (2).

« Movasi la terra da che parte si voglia, mai la superfizie dell'acqua uscirà fori della sua spera, ma senpre sarà equidistante al centro del mondo » (3).

« Nessuna parte dello a[c]quatico elemento si leverà o si farà più distante dal comun cietro se non per violenza. — Nessuna violenza è durabile » (4).

Aggiungo per di più che siccome Leonardo, per quanto addietro sono andato esponendo, ammette che la forma geometrica del nostro globo ci venga offerta direttamente dalle acque tranquille del mare — « il mare ha superfizie spherica » (5) — così consiglia per la determinazione delle misure della terra, di operare sempre in riva al mare (6).

(1) Manoscritto *H.*, fol. 76 recto.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 verso. — RICHTER, II, § 936.

(3) Manoscritto *F.*, fol. 22 verso.



La proposizione citata è scritta con la seguente di fianco all'unita figura: « Dato che la terra si rimo- vessi dal centro del mondo che farebbe l'acqua [?] — resterebbe intorno a esso centro con equal grossezza, ma minor diamitro, che quando ella avea la terra in corpo [?] ».

(4) Manoscritto *C.*, fol. 15 recto.

(5) *Trattato della Pittura* (1882), Vol. II, § 928, pag. 324.

(6) Codice Atlantico, fol. 269 verso *a.* — Questo passo trovasi integralmente riprodotto a pag. 53-54 del presente.

Aggiungo infine la seguente osservazione:

« Della grandezza che à la sfera dell'acqua. — La sfera dell'acqua à minore circonferenza che la terra scoperta dell'acqua e per volere mi-

*
* *

La montagna à sempre ispirato un profondo orrore presso gli antichi: a rendere più radicato tale sentimento concorsero anche le leggende paurose di cui fu creduta teatro e sopra tutto la erroneità degli apprezzamenti delle altezze (1).

La valutazione altimetrica è rimasta per lungo tempo sì fallace, che non può recar meraviglia se ai tempi di Leonardo, ed anche ne' posteriori, questi ed altri scienziati abbiano avuto falsi concetti sulla elevazione dei monti.

Mentre giustamente, in linea generale, Leonardo osserva che « le alpi galliche son la più alta parte dell'Europa » (2) erroneamente aggiunge che « nessun de' monti d'Europa si leva un miglio sopra la pelle delli nostri mari » (3).

Se importante e prettamente moderno si è il riferimento delle altitudini al livello del mare, oltremodo erronea è l'asserzione vinciana che le più alte cime de' monti europei non superino i 1654 (miglio toscano) o i 1785 (miglio milanese) metri: ed oltre a ciò in pretto disaccordo con le osservazioni scientifiche fatte in occasione di una ascensione sul Monte Rosa, che ora andrò esponendo.

« E questo vedrà come vid'io, chi andrà sopra Monboso, giogo dell'Alpi che dividono la Francia dall'Italia, la quale montagna à la sua basa che parturisce li 4 fiumi che rigan per 4 aspetti contrari tutta l'Europa, e nessuna montagna à le sue base in simile altezza: questa si leva in tanta altura che quasi passa tutti li nuvoli e rare volte vi cade neve, ma sol grandine d'istate quando li nuvoli sono nella maggiore

surare tale sfera d'essa acqua abbi uno spazio noto del mare quando è in calma „

Manoscritto E., fol. 29 verso.

(1) Cfr. UZIELLI G., *Leonardo da Vinci e le Alpi* [in] *Bollettino del Club Alpino Italiano*. Vol. XXIII, N. 56 [pagg. 81-156]. Torino, 1890.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 recto. — RICHTER, II, § 1063.

(3) Manoscritto F., fol. 50 recto.

altezza, e questa grandine vi si conserva in modo, che se non fusse la retà [*rarietà*] del cadervi e del montarvi nuvoli, che non accade 2 volte in una e[s]tà, egli vi sarebbe altissima quantità di ghiaccio inalzato da li gradi della grandine, il quale di mezzo luglio vi trovai grossissimo; e vidi l'aria sopra di me tenebrosa e 'l sole che percotea la montagna esser più luminoso quivi assai che nelle basse pianure, perchè minor grossezza d'aria s'interpone infra la cima d'esso monte e 'l sole » (1).

Ma è qui il luogo adatto per discutere se realmente Leonardo abbia salito il Monte Rosa, o qualche altra punta: a me basta far notare che i fenomeni cui Egli accenna con la frase « e questo vedrà come vid'io... » sogliono accadere fra i 3000 e 3500 metri sul livello del mare.

Infatti i moderni studî hanno dimostrato vera l'osservazione di Leonardo che oltre ad una certa altezza in montagna, la quantità di neve scema notevolmente. Così, per recare un solo esempio, al Piccolo S. Bernardo, che à un'altitudine di m. 2.160, nel quinquennio 1871-75 ne caddero mm. 11.487, mentre al Gran S. Bernardo, ad un'altezza di m. 2.478, soli mm. 4.893.

Anche le osservazioni dei più competenti meteorologisti e degli alpinisti più intelligenti, ànno messo in chiaro che d'estate, ad una altitudine oscillante fra i 3000 ed i 3500 metri, cade spesso della grandine, o meglio del *grésil*.

Pure l'osservazione sul blù più cupo del cielo che si osserva nell'alta montagna e sulla più grande luminosità del sole concorda con quanto le ricerche meteoriche ed astronomiche fatte nelle stazioni di alta montagna ànno assodato, quantunque tali fenomeni non dipendano unicamente dalle cause qui assegnate da Leonardo.

I moderni studî sulla fisica atmosferica sono proclivi ad ammettere che l'aria di per sè stessa sia incolora, e che l'azzurro più o meno intenso dell'atmosfera dipenda da una infinita

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 4 recto. -- RICHTER, II, § 1060.

quantità di bollicine di vapor acqueo che causano una serie di riflessioni successive. Più in su di 3000 metri il cielo pare oscuro, osservò il Flammarion ne' suoi studi meteorologici fatti in pallone; à una tinta grigio-turchino-oscuro nelle regioni zenitali, è turchino-azzurro a 40-50°, ed azzurro-pallidissimo nei pressi dell'orizzonte. L'oscurità del cielo superiore è proporzionale alla decrescenza dell'umidità.

Non dissimili conclusioni troviamo sparse qua e là nei manoscritti Leonardiani, dei quali reco qualche estratto:

a) *Trattato della Pittura* (1882), vol. I, pagg. 264-66, § 243:

« ... L'aria per sè non ha qualità d'odore, o di sapore, o colore, ma in sè piglia le similitudini delle cose, che dopo lei son colocate e tanto sarà di più bello azurro quanto di dietro a essa sara[n] maggiore tenebre ... ».

b) Manoscritto *Leic.*, fol. 4 recto. — RICHTER, I, § 300:

« Dico l'azzurro in che si mostra l'aria non essere suo proprio colore, ma è causato da umidità calda vaporata in minutissimi e insensibili atomi, la quale piglia dopo se la percussion de' razzi solari e fassi luminosa sotto la oscurità delle immense tenebre della regione del fuoco, che di sopra le fa coperchio ».

c) Manoscritto *F.*, fol. 18 recto:

« E se tu guardi inverso l'orizzonte del celo, tu vedrai l'aria non essere azzurra, e questo nasce per la sua grossezza; e così in ogni grado che tu alzi l'ochio sopra esso orizzonte insino al celo che ti sta di sopra, tu troverai l'aria farsi più oscura, e questo è che men somma d'aria s'interpone infra l'ochio tuo e esse tenebre. E se tu ti troverai sopra un alto monte, l'aria si farà tanto più oscura sopra di te, quanto essa è fatta più sottile infra te e dette tenebre: e così seguiterà in ogni grado d'altezza tanto che al fine resterà tenebrosa ».

d) Manoscritto *Leic.*, fol. 4 recto. — RICHTER, I, § 300:

« ... La troppa umidità rende [l'aria] bianca e la poca in-

fusa col caldo la rende oscura, di color di scuro azzurro... Se l'aria avesse per suo naturale colore esso azzurro trasparente, seguirebbe che dove s'interponesse maggior quantità d'aria infra l'occhio e l'elemento del foco, che quivi si comporterebbe il suo azzurro con maggiore oscurità, come si vede nelli vetri azzurri e ne' zaffiri, li quali si mostran tanto più oscuri, quanto essi son più grossi. E l'aria in questo caso adopera in retto contrario, conciosiachè dove più in quantità s'interpone infra l'occhio e la sfera del foco, quivi ci si mostra più biancheggiante; e questo accade inverso l'orizzonte; e quanto minor somma d'aria, s'interpone infra l'occhio e la sfera del foco, tanto più oscuro azzurro, ci si mostra, ancora che noi stiamo nelle basse pianure. Adunque segue pur quel che io dico che l'aria piglia l'azzurro mediante li corpuscoli dell'umidità che pigliano li razzi luminosi del sole... ».

Sui fatti dianzi accennati Leonardo insiste in parecchi altri passi (1), che non credo utile, per brevità, di riportare: solo mi limito ad aggiungere che vengono dal grande pittore-scienziato corroborati non solo da personali osservazioni istituite durante l'ascesa sul Monte Rosa e su altre montagne, ma da esperienze moltissime fatte studiando, mediante schermagli, variamente colorati, il colore che assume il fumo, che si svolge dalle legne abbruciate.

« È speriencia che mostra, come l'aria à dopo se tenebre e però pare azzurra; sia fatto fumo di legnie secche in poca quantità sopra il quale fumo percotano li razzi solari; e dopo questo fumo poni una pezza di velluto nero che non sia visto dal sole, e vedrai tutto quel fumo che s'opponne infra l'occhio e la oscurità mostrarsi in color di bellissimo azzurro, e se in loco del veluto metti panno bianco, el fumo, cioè el tropo fumo inpedisce e 'l poco non forma la perfezione d'esso azzurro, onde la mediocre disposizione di fumo forma bello azzurro; come l'acqua soffiata a uso d'attomi in loco scuro dove passi la sfera del sole fa esso razzo azzurro e massime

(1) Oltre ai passi recati incompletamente alle lettere *a*, *b*, *c* e *d*, confronta pure: Manoscritto *C.*, fol. 18 verso; *H.*, fol. 77 verso.

essendo tale acqua destillata e 'l fumo sottile fa azzurro; quest'è detto per mostrare che l'azzurro dell'aria è causato di oscurità che è sopra di lei e dannosi li predetti esempli a chi non confermasse la sperienza di Monboso » (1).

*
**

Nè meno importanti sono le osservazioni che si trovano fra i manoscritti Leonardiani circa la varia fisionomia che presenta una regione montuosa in dipendenza della varietà ed intensità della vegetazione da cui è ammantata.

« *Pittura nel figurare le qualità e membri de paesi montuosi.*

« Quell'erbe e piante saranno di color tanto più palido, quanto il terreno, che le nutrisce, è più magro e carestioso d'umore; il terreno è più carestioso et magro sopra li sassi di che si compongono li monti. E li alberi saranno tanto minori e più sotili, quanto essi si fanno più vicini alla somità de monte; et il terreno è tanto più magro, quanto s'avicina più alle predette somità de monti, e tanto più abbondante il terreno è di grassezza, quanto esso è più propinquo alle concavità delle valli.

« Adunque tu, pittore, mostrerai nelle somità de monti li sassi, di che esso si compone, in gran parte scoperti di terreno, et l'erbe che vi nascono minute et magre et in gran parte impalidite et seche per carestia d'umore, e l'arenosa e magra terra si veda trasparere infra le palide herbe; et le minute piante, stentate et invecchiate in minima grandezza, con corte et spesse ramificationi e con poche foglie, scoprendo in gran parte le ruginenti et aride radici tessute co' le falde e rotture delli ruginosi scogli, nate dalli storpiati cieppi

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 36 recto. — RICHTER, I, § 301.

dalli huomini e da venti; et in molte parti si vegha li scogli superare li colli de li alti monti, vestiti di sottile e palida ruggine, et in alcuna parte dimostrare li lor veri colori scoperti mediante la percussione delli fulgori del cielo, il corso delle quali, non senza vendetta, di tali scogli spesso son' impediti.

Et quanto più discendi alle radici de monti, le piante saranno più vigorose e spesse di rami e di foglie, et le lor verdure di tanta varietà, quanto sono le spezie delle piante, di che tal selve si compongono, delle quali le ramificattione con diversi ordini et diverse spessitudini di rami et di foglie e diverse figure et altezze; et alcuni con istrette ramificattioni, come il cipresso e similmente; degli altri con ramificattioni, sparse e dilattabili, com'è la quercia et il castagno e simili; alcuni con minutissime foglie; altri con rare, com'è il ginepro e 'l plattano e simili; alcune quantità di piante insieme nate divise da diverse grandezze di spacij, et altre unite senza division di prati o' altri spacij » (1).

I precetti pittorici contenuti nelle righe sopra riportate, mostrano come Leonardo avesse una accurata conoscenza della distribuzione altimetrica della vegetazione, la quale, come tutti sappiamo, a parità di altri fattori, cambia e risulta sempre meno abbondante, quanto più si risale verso le alte cime dei monti. Queste inoltre presentano le dirupate coste coperte di una patina di ossidi, « pallida ruggine », e quasi interamente spolte di vegetazione, tranne che da pochi cespugli intristiti:

(1) *Trattato della Pittura* (1882), II, § 806.

Le varie zone di vegetazione che si riscontrano sopra un'alta montagna, sono menzionate pure da Leonardo nella descrizione della regione del monte Tauro:

« Questa nelle sue radici è abitata da ricchissimi popoli, ed è piena di bellissime fonti e fiumi... ma quando se n'è montata circa a 3 miglia, si comincia a trovare le selve de' grandi abeti, pini e faggi e altri simili alberi; dopo questo, per ispatio di 3 altre miglia, si truova praterie e grandissime pasture; e tutto il resto, insino al nascimento del Monte Tauro, sono neve eterne, che mai per alcun tempo si partono, che s'astendano all'altezza di circa 14 miglia in tutto... ».

Codice Atlantico, fol. 145 verso b.

tali rocce mostrano di sovente anche le tracce di fulminazioni (1), perchè, più spesso, come dice il poeta,

. il folgor non cade
In basso pian, ma su l'eccelse cime.

(1) Leonardo parlando degli effetti prodotti dalla caduta di un fulmine su la " Torre della Credenza „ di Milano, aggiunge: " e di questi [effetti?] ò ritrovati nelli sassi dell'Alto Appennino e massime nel sasso della Vernia „.

Manoscritto *E.*, fol. 1 recto.





CAPITOLO VI.

L'organismo tellurico.

La « macchina terrestre »; pensieri di Seneca, di Ristoro e di Brunetto Latini. —
La forma degli edificj e L. B. Alberti.

L'OMO è detto da li antiqui mondo minore. E cierto la dizione d'esso nome è bene collocata, imperochè sì come l'omo è composto di ter[ra], acqua, aria e foco, questo corpo della ter[r]a è il simigliante: se l'omo à in se osso, sostenitori e armadura della carne, il mondo à i sassi, sostenitori della terra: se l'omo à in sè il laco del sangue, dove cresce e discesce il pulmone nello alitare, il corpo della terra à il suo ocieano mare, il quale ancora lui cresce e discesce ogni sei ore per lo alitare del mondo: se dal detto lago di sangue diriva[no le] vene, che si vanno ramificando per lo corpo umano, similmente il mare ocieano empie il corpo della terra d'infinite vene d'acqua. Manca[no] al corpo della terra i nervi, i quali non vi sono, perchè i nervi sono fatti al proposito del movimento; e il mondo, sendo di perpetua stabilità, non v'accade movimento, e non v'accadendo movimento, i nervi non vi sono neciessari. Ma in tutte l'altre cose sono molto simili » (1).

(1) Manoscritto A., fol. 55 verso.

Questo passo costituisce con lievi ed insignificanti varianti il

Questo medesimo concetto Leonardo ribadisce in un altro passo, nel quale ammette che la terra abbia un'anima vegetativa. « Nessuna cosa nasce in loco dove non sia vita sensitiva, vegetativa e razionale; nascono le penne sopra li uccelli, e si mutano ogni anno; nascono li peli sopra li animali, e ogni anno si mutano, salvo alcuna parte, come li peli delle barbe de' lions e gatte e simili; nascono l'erbe sopra li prati e le foglie sopra li alberi, e ogn'anno in gran parte si rinovano. Adunque potremo dire, la terra avere anima vegetativa, e che la sua carne sia la terra, li sua ossi sieno li ordini delle collegazioni de' sassi, di che si compongono le montagne, il suo tenerume sono li tufi, il suo sangue sono le vene delle acque, il lago del sangue, che sta dintorno al core, è il mare oceano: il suo alitare, e 'l crescere e discredere del sangue pelli polsi, e così nella terra è il flusso e riflusso del mare, e 'l caldo dell'anima del mondo è il fuoco ch'è infuso per la terra, e la residenza dell'anima vegetativa sono li fochi, che per diversi lochi della terra spirano in bagni, e in miniere di solfi, e in vulcani, e Mongibello di Sicilia e altri lochi assai » (1).

Per di più parlando Egli dell'ordine da seguire in un suo trattato di Anatomia, e spiegando i concetti con cui furono disegnate le varie tavole rappresentanti la struttura anatomica dell'uomo, aggiunge:

« Adunque qui con 12 figure intere ti sarà mostrata la cosmografia del minor mondo col medesimo ordine che innanzi a me fu fatto da Tolomeo nella sua cosmografia, e così

cap. XXXIX del Libro I del trattato *Del Moto e Misura*, ecc. [pag. 289], ove per altro termina con l'a capo: « Mancano al corpo della terra ecc. ».

Noto che in un passo del Codice Atlantico (fol. 260 recto a) riprodotto a pag. 178 del presente, Leonardo ammette che il corpo della terra abbia pure i « nervi », con tale parola comprendendo insieme « muscoli e tendini ». — La « perpetua stabilità », accennata nel testo sopra riprodotto, non va intesa nè in significato geologico, nè astronomico, ma bensì fisiologico, cioè quale una derivazione del concetto ilozoistico, cui è informato il passo.

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 34 recto. — RICHTER, II, § 1000.

dividerò poi quelle in membra, come lui divise il tutto in provincie... » (1).

Per Leonardo adunque la terra è un colossale vivente, anzi — per quanto andremo poi esponendo a proposito delle maree — un immenso cetaceo (2), che à la propria impalcatura scheletrica, la carne, il cuore, le vene, ecc.

Tale concezione sulla struttura della terra, trovasi accettata pure da Seneca (3), da Brunetto Latini, da Ristoro d'Arezzo (4) e da parecchi altri pensatori anche posteriori all'epoca in cui visse il Vinci: ciò dimostra che Leonardo, come altri ingegni superiori, possono talvolta rimanere abbagliati e trascinati da pregiudizî propri dell'età loro. Egli è ben vero che tale con-

(1) Manoscritto *W. An. IV*, fol. 157 recto. — RICHTER, II, § 798, pag. III.

(2) " Il corpo della terra è di natura di pesce, orca, o capidoglio, perchè alita acqua 'n iscambio d'aria „.

Codice Atlantico, fol. 203 recto a (138).

(3) " Placet natura regi terram, et quidem ad nostrorum corporum exemplar, in quibus et venae sunt et arteriae: ille sanguinis, hae spiritus receptacula. In terra sunt alia itinera, per quae aqua; et alia, per quae spiritus currit: adeoque illam ad similitudinem humanorum corporum natura formavit, ut maiores quoque nostri aquarum appellaverint venas. Sed quemadmodum in nobis non tantum sanguis est, sed multa genera humoris, alia necessarii, alia corrupti, ac paulo pinguioris, in capite cerebrum, in ossibus medullae, muci, salivaeque et lacrimae, et quiddam additum articulis, per quod citius flectantur ex lubrico: sic in terra quoque sunt humoris genera complura... „.

L. A. SENECAE *Nat. Quaest.*, libro III, § XV.

(4) " E se noi consideriamo e porremo mente alla prima generazione, e nella terra, troviamo indurata la terra, ed ingenerate pietre molli, le quali si divisano poco dalla terra, e queste sono alla terra, quasi come la cartilagine nell'animale. E venendo noi piue uno passo, troviamo ingenerate pietre piue dure, e sono partite piue dalla terra: e queste sono alla terra, come l'ossa nello animale. E potremo fare una similitudine ed una comparazione, dal corpo dello animale al corpo della terra, e potremmo assomigliare la carne alla terra, e le pietre molli alla cartilagine, e le pietre dure all'ossa, e l' sangue che corre dentro per le vene, all'acqua che corre entro per lo corpo della terra, e li peli alle piante „.

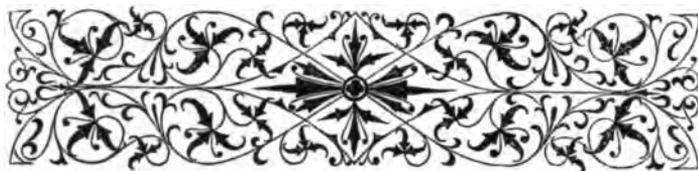
RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 22.

cezione condusse da prima il nostro Grande ad erronee interpretazioni di alcuni fatti naturali, ma vedremo, come in parecchie questioni inerenti alle forze geodinamiche, Egli, abbandonata la teoria in discorso, abbia portato un vero soffio innovatore.

Questo disegno strutturale, a me pare si possa considerare quale una derivazione dei concetti antropocentrici che si insinuarono da per tutto, perfino nell'architettura: ricorderò a questo proposito che Leon Battista Alberti, eminente figura del secolo XV, fu l'unico — come osserva il Mancini (1) — che non vaneggiasse pretendendo rinvenire nelle proporzioni del nostro corpo tutte le proporzioni architettoniche e biasimasse l'aberrazione invalsa di ritenere tanto più nobile la forma degli edifici, quanto più si accostava a quella del corpo umano.

(1) MANCINI G., *Vita di Leon Battista Alberti* [pagg. 389-90]. Firenze, G. Sansoni, 1882.





CAPITOLO VII.

L' Atmosfera.

L'aria. — I movimenti dell'atmosfera; l'anemoscopio. — Le dune. — Effetti degradanti; Cardano e L. B. Alberti.

L'ARIA — secondo il Vinci — è una specie di fluido che avvolge la sfera della terra e dell'acqua: essa « in se è condensabile e rarefattibile inverso lo infinito » (1), e « quanto più si prieme, più pesa in fra l'altra aria » (2).

Questo elemento presenta le più grandi analogie con l'acqua: « movesi l'aria come fiume e tira con seco li nuvoli si come l'acqua corrente tira tutte le cose che sopra di lei si sostengono..... » (3).

Le questioni relative ai movimenti dell'aria appartengono alla meteorologia. I pensieri di Leonardo su questo importante ramo di studi, omai assunto alla dignità di scienza autonoma, risultano molto complessi ed io ne ò riservata la trattazione in uno speciale lavoro, che presto spero di poter pubblicare.

(1) Manoscritto *E.*, fol. 47 verso.

(2) Manoscritto *I.*, fol. 69 (21) recto.

(3) Manoscritto *G.*, fol. 10 recto.

Su l'analogia dei moti dell'aria e dell'acqua vedi a pag. 184-85 del presente.

Però per completare il disegno del presente studio, prima di parlare degli effetti de' venti sulla economia tellurica, credo necessario accennare brevemente le idee leonardiane sulla origine dei movimenti dell'atmosfera (1).

Come l'acqua, secondo il Vinci, di per sè non à alcun colore, sapore ed odore, ma tutto piglia dai luoghi donde passa (2), così: « ogni vento è di natura freddo e secco, ma fassi di tante varie disposizioni, quanto sono vari i lochi donde passa, lasciando nel suo passare la umidità e freddezza a luochi secchi e caldi, e po' toglie la seccità e caldezza a lochi caldi e secchi, e così, nel suo moto, in ogni regione si muta in varie compressioni, e nel farsi caldo e secco indebolisce di sua potenza, e, nel ripigliare le già lasciate cose, ripiglia insieme con quelle le predette forze..... » (3).

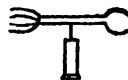
Premesso ciò, dirò che sulla causa che produce il vento, Leonardo ritorna spesse volte ne' suoi manoscritti, come Egli suole, sempre correggendo, modificando i concetti di già esposti. Il pensiero più completo, secondo il mio modo di vedere, è il seguente che si trova fra le carte del Codice Atlantico:

« Si come l'acqua fugie per diverse vie fori de la premuta spunga, o come l'aria de 'l mantaco, così le rare e porose nebie, sendo sospinte in alto da le refression calorose, quella prima parte che si trova di sopra, è quella che giugne in ne la region freda, e lì si ferma contra fredo e secco, e lì aspetta la sua compagna; quella di sotto, che monta inverso la ferma, fa dell'aria che si trova in mezo, a similitudine dello schizatoio, la quale aria fugie pe 'l traverso e 'n giù; in insu non va, perchè truova la nubola tanto spessa che non può passare.

(1) Per lo studio dei venti troviamo fra le note vinciane il disegno di un anemoscopio, con le parole:

« Per cognoscere meglio i venti ».

Manoscritto H., fol. 100 recto.



(2) Codice Atlantico, fol. 171 recto a. — Cfr. pag. 116 del presente lavoro.

(3) Codice Atlantico, fol. 169 verso a.

« E per questa ragione tutti i venti, che combattan la superficie de la terra, vengano d'alto in basso; e se percotenti in ne la contastante terra, li di se causa un moto refresso, il quale, volendosi rilevare in alto, truova là l'altro vento, che disciende, contasta a detta salita, onde detta elevazione è costretta a rompere il suo naturale ordine, e, pigliando via traversa, li seguita un violente corso, il quale riga continuamente la superficie de la terra.

« E quando i detti venti feriscano sopra le salse acque, li chiaramente apariscie la forma, l'angolo creato dalla linia incidente e dalla refressa, de' quali ne resultò le superbe e minaccianti e sommergite onde, le quali il più de le volte l'una cagiona l'altra.

« Qui potrebbe alcuno fare a sè credere potermi riprendere, allegando contro alla mia prova de' venti, dicendo quello non potersi gienerarsi da i nuboli, imperò che sarebbe necessario che uno stessi fermo e dessi moto a l'altro, e questo non apariscie, perchè, traendo tramontana, i nuboli tutti in uno concorso fugano dinanzi a detto vento.

« Intorno a questo si risponde che quando l'aria è in quiete, e montando in alto una piena provincia di nuboli, e là su, com'è detto, riserandosi, spremano fori di loro tant'aria, la quale, per la violenza data, piglia per l'aria tal movimento, che dà moto, come vedi, a li altri minori nuvoli.

« E spuntando ancora loro fori aria, nel simile modo danno a sè stessi cagione di maggiore fuga; imperò che trovandosi un nubolo in mezzo o in parte de li altri, s'egli gienera il vento di rieto a sè, quella aria, che si trova tra sè 'l suo seguente visino, vanne a moltiplicare, e, moltiplicando, fa[n]no altri menti che la polvere ne la bombarda, la quale caccia del suo propinquo sito il corpo men ponderoso e 'l peso più legieri; essendo così, ecco che 'l nubolo, cacciando il vento in verso li altri resistenti, è cagione di dare fuga a sè medesimo.

« E se manda dette premizioni di venti dinanti a sè, ancora dà aumento a li altri.

« E se manda per traverso, fassi per alcuno nuvolo qualche retroso circolo, e poi ritorna in lega co li altri.

« Siccome il naturale calore isparso per le umane membra è ricacciato indiriato dal circostante freddo, suo contrario e nemico, e ricorso nel lago del core e ne 'l fegato, lì si fortifica, facendo di questi sua fortezza e bastia.

« Così i nuvoli, essendo composti di caldo e umido, e ne la state di cierti vapori secchi, e trovandosi questi in nella regione fredda e secca, fano a similitudine di cierti fiori e foglie combattute da la fredda brina, che, strigniendosi insieme, fano magiore contasto.

« Così questi nel primo contatto, ch'elli àno coll'aria fredda, cominciano a resistere e non voler passare più avanti, li altri di sotto osservano il continuo montare, la parte di sopra, essendo ferma, attende a' ngrossare, il caldo e 'l secco si ritirano ne 'l mezzo, la parte di sopra, abbandonata da 'l caldo, si comincia a diaciar, o vera mente a disolvere, i nuvoli di sotto, alzandosi ancor, accostano il caldo più a 'l freddo, onde lui, costretto a riduciarsi in puro elemento, subito si crea in foco e impigliasi ne 'l secco vapore e ne 'l centro del nuvolo fa grande accrescimento, e, accendendosi tra la raffreddata nuvola, fa uno strepito a similitudine de l'acqua caduta in pece o in olio bolito, o del rame fonduto e gittato in acqua fredda; così questo, iscacciato da sù contrario, spezza la constante nubola, e, scorrendo per l'aria, rompe e fracassa ogni opposizione, e questa è la saetta » (1).

*
**

Vedremo presto, come giustamente Leonardo abbia riguardato l'acqua quale fattore di primaria importanza nei fenomeni di denudazioni e di trasporto dei materiali solidi. Quantunque nelle regioni ove tale elemento spiega la sua piena azione, quello delle altre forze passi assolutamente in seconda linea, pur tuttavia il Vinci fu condotto a non trascurare nel suo

(1) Codice Atlantico, fol. 212 verso a.

sistema geologico gli effetti di altri fattori, e sopra tutto l'azione de' venti meritò di essere da Lui con qualche particolare considerata.

Leonardo mentre non accenna fra gli agenti demolitori al vento — il quale, come sappiamo, riesce a corrodere ed a levigare rocce anche durissime, sulle quali si propaga, specie per effetto delle polveri e delle sabbie che seco trascina nel suo corso veloce, turbinoso — pur tuttavia menziona le formazioni eoliche che vengono distinte con il nome di « dune ».

E di queste Egli non già ricorda quelle che si formano lungo le spiagge de' mari, ma solo quelle che — a guisa di un vasto mare di sabbie, su cui si innalzano, quali gigantesche onde solidificate, vere catene di monti e di colli costituiti tutti di sabbie mobili — ricoprono il grande deserto libico. Al suo fine spirito di osservazione non sfuggirono nemmeno le dune di minuscola proporzione che si trovano lungo le rive de' fiumi a fondo sabbioso:

« Descrivi li monti de flessibili aridi c[i]oè della creazione dell'onde della rena portate dal vento e de' sua monti e colli, come accade nella Libia: l'esempio ne vedrai sulli gran rene di Po o di Tesino o altri gran fiumi » (1).

L'esistenza delle dune nel territorio circostante al basso Ticino venne non è guari messa in evidenza dall'egregio inge-

(1) Manoscritto F., fol. 61 recto.

Questo passo è preceduto dalla seguente importante considerazione:

« De moto locale de fressibile arido, c[i]oè polvere e simili. Dico la tavola battuta per diverse linie, la polvere, che sopra di quella si trova, si riduce in diversi figure di colli e di piccoli monticelli. E questo nasce da...

« La polvere che con vari monti si divide dalla tavola battuta discende de l'ipotenissa (*ipotenusa*) di tali monti e entra sotto la lor basa e risure intorno all'asse a la punta d'esso monte e così si move con moto di triangolo ortogonio. E questo nasce dal...

« Quando la tavola polverosa sarà battuta da una parte, nota in che modo si principia il moto della polvere alla creazione de' predetti monti e in che modo tal polvere si leva in alto al monte ».

gnere Stella A. (1), il quale trovò appunto in parecchi luoghi ampie distese di sabbia adunate in collinette, chiamate localmente « i dossi », dalla brulla ed arida superficie leggermente ondulata ed increspata da' venti, le quali dànno alla regione l'aspetto che àno certi tratti a dune della pianura diluviale prussiana, o di certe zone a dune internate dell'estuario adriatico. Tali dossi, prima creduti isole sporgenti di alluvioni più antiche state sepolte, sono vere dune continentali.

*
**

All'azione degradante del vento accenna invece Cardano, scrivendo che i monti: « franguntur & ventis validis ac frigoribus » (2); Cardano inoltre dà la massima importanza ai movimenti dell'atmosfera, mettendoli insieme all'acqua ed alle forze vulcaniche, fra i fattori della orogenesi terrestre, come fra non molto avrò occasione di far vedere.

Prima di chiudere il presente capitolo voglio pure ricordare che Leon Battista Alberti, parlando dei materiali da costruzione, dopo avere osservato che « per l'ingiuria de' tempi... tutti i corpi composti, ed ammassati si disfanno e si risolvono; così ancora nelle pietre quelle parti che sono esposte a sofferire le tempeste, sono più atte a macerarsi, ed a putrefarsi » (3), scrive che « in quel di Bolsena, e eziam nel paese di Strata, dicono essere una spezie di petrina ad uso d'ogni edificio accomodatissima, che non le nuoce nè fuoco, nè freddi, nè ghiacci, nè venti, nè piove, ma contro a tutte

(1) A. STELLA, *Sui terreni quaternari della Valle del Po in rapporto alla Carta Geologica d'Italia* [in] *Bollettino del R. Comitato Geologico d'Italia*, Vol. XXVI [pagg. 117-118]. Roma, 1895.

(2) H. CARDANI *De Subtilitate* (1664), Libro II, pag. 105.

(3) ALBERTI L. B., *Della Architettura libri dieci*, traduzione di Cosimo Bartoli, Libro III, cap. VII [pagg. 78-79]. Milano, 1833.

queste ingiurie essere eterna e incorruttibile » (1). Pur tuttavia egli non menziona mai l'azione del gelo e dei venti fra i fattori delle trasformazioni dei paesaggi terrestri.

(1) ALBERTI L. B., *Arte Edificatoria*, Libro II, cap. IX [in] *Opere volgari*, annotate ed illustrate dal dott. Anicio Bonucci, Vol. IV [pagina 295]. Firenze, 1847.





CAPITOLO VIII.

Le acque meteoriche.

Origine delle nubi e delle precipitazioni; il ciclo dell'acqua. — Effetti delle piogge sui rilievi tellurici; azione protettrice della vegetazione e delle nevi. — L'invenzione dell'igrometro. — Leonardo e gli studj meteorici.

I.

L grande problema della circolazione sotterranea delle acque è intimamente connesso con quello delle idrometeore, perciò credo necessario riassumere, nel modo più ristretto, alcuni concetti di Leonardo sulle precipitazioni e specialmente intorno alle piogge.

Sopra questo argomento il grande scienziato voleva scrivere un libro, o meglio un lungo capitolo, che doveva essere il XLII del trattato intorno alle acque, come si rileva dal seguente passo:

« *Libro 42 delle Pioggie.*

« Scrivi come li nugoli si conpongano e come si risolvano e che causa leva li vapori dell'acqua dalla terra in fra l'aria, e la causa delle nebbie e dell'aria ingrossata, e perchè si mostra più azzurra e meno azzurra una volta che un'altra, e così scrivi le regioni dell'aria, e la causa delle nevi e delle grandini e del ristrigniersi l'acqua e farsi dura in diaccio, e del creare per l'aria nuove figure di neve e alli alberi nuove figure di foglie ne' paesi freddi, e per li sassi diacciuoli e di brina conporre nuove figure d'erbe con varie foglie, quasi facendo tal brina

come s'ella fussi rug[i]ada disposta a nutrire e conporre le predette foglie » (1).

In questo libro doveva adunque essere pure diffusamente trattata l'origine delle nubi, intorno alle quali reco qui appresso alcuni estratti dei pensieri vinciani:

« Le nuvole sono nebbie tirate in alto dal caldo del sole, et la loro elevatione [si arresta] dove il loro acquistato peso si fa di potentia ecquale al suo motore, et lo acquistato [peso] nasce dalla loro condensatione, et la condensatione ha origine dal calore, ch'è in loro infuso, che si refuggie dalli stremi, che si trovano penetrati dal freddo della meza region dell'aria, et l'humidità seguita il caldo, che la su la condusse, in qualunque parte esso caldo si fuggie, et perchè si fuge inverso il mezo di ciascuna globosità de' nuvoli, esse globosità si condensano con terminate superficie, ad uso di dense montagne, [e] pigliano l'ombre mediante li razi solari che la su li percote » (2).

« Li nuvoli son creati da humidità infusa per l'aria, la quale si congrega mediante il freddo, che con diversi venti è trasportato per l'aria... (3).

« La pioggia, che si genera per la congregazione delle particole dell'umido vaporato, che percotendosi quelle di veloce moto e scacciate dal calore in quelle che si ritardano, nello scontrarsi colla parte del nugolo che inverso lo stremo si raffredda, s'appicca le particole dell'umido insieme e acquista peso, il quale discende a terra in grosse goccioline; e inverso l'ultimo stremo di tal nuvolo le particole dell'umido si diacciano al continuo con varie globulenzie, che per la eccellente freddura non si possono spiegare, e con veloce moto concorre al sito che genera la sphericità della gocciola, e però la grandine è composta di [...] di molte globulenzie che insieme congiunte, etc. » (4).

(1) Manoscritto *F*, fol. 35 recto.

(2) L. DA VINCI, *Trattato della Pittura* (1882), Vol. II, § 926, pag. 320.

(3) *Id.*, *ivi*, § 928, pag. 322.

(4) Codice Atlantico, fol. 162 recto *a*.

« ... Il caldo dello elemento del foco senpre tira a se li umidi vapori, e folte nebie e spessi nuboli, i quali spicha de' mari e altri paduli e fiumi e umide valli, e quel[l]e tirando a poco a poco insino alla fred[d]a regione, quella prima parte si ferma, perchè il caldo e umido non si affà col freddo e secco; onde ferma[tavisi] la prima parte, li [si] assetta[n] le altre parti: e così agniugnendosi parte con parte, si fa spesse, e oscure nubole, e spesso sono remosse e portate da' venti d'una in altra regione, dove per la densità loro fanno si spessa gravezza che cadano con ispessa pioggia. E se 'l caldo del sole s'aggiugne alla potenza dello elemento del foco, i nuvoli fieno tirati più alti, e trovano più freddo, in el quale si diacciano, e causasi tempestosa grandine » (1).

« El nuvolo è più lieve dell'aria che li sta disotto, et è più greve dell'aria, che li sta di sopra » (2).

« La nebbia percossa da vari corsi di venti si condensa et fassi nuvolo con varie globulenzie » (3).

Nella proposizione « ... come l'acqua si leva in aria mediante il calore del sole e poi ricade in pioggia ... » (4), che fa parte dell'*Ordine del primo libro delle acque*, noi abbiamo in poche parole accennato il ciclo che compie l'acqua, così bene espresso dal divino poeta nei noti versi:

Ben sai come nell'aer si raccoglie
Quell'umido vapor che in acqua riede,
Tosto che sale dove 'l freddo il coglie
(*Purg.*, V, 109-111).

Le piogge, specie se violenti, esercitano una azione meccanica distruggitrice delle rocce; le regioni in cui predomi-

(1) Manoscritto *A.*, fol. 55 verso.

Questo passo, con alcune trasposizioni e lievi varianti, costituisce il cap. XL del Libro I del trattato *Del moto e misura dell'acqua* (1826), pagg. 289-90.

(2) L. DA VINCI, *Trattato della Pittura* (1882), Vol. II, § 929, pag. 324.

(3) *Id.*, *ivi*, § 930, pag. 326.

(4) Manoscritto *E.*, fol. 12 recto.

nano le formazioni argillose, come nel nostro Appennino, portano in modo terribilmente grandioso le tracce della profonda erosione causata dalle acque piovane; onde a buona ragione si può sottoscrivere all'asserto leonardiano che « li monti son disfatti dalle piogge . . . » (1). Anzi, nello stesso manoscritto il Vinci approfondisce maggiormente i vari effetti delle acque che cadono dal cielo, stabilendo alcuni canoni sui quali è necessario soffermarsi brevemente.

« Le piogge consuman più le radici de' monti che le sue cime per due cause, e la prima è che la percussione della pioggia è più potente, nel cadere da una medesima altezza, nelle radici de' monti che nelle cime, per la settima di questo che dice: quel grave si fa tanto più veloce, quanto più discende infra l'aria, e quanto si fa più veloce, tanto si fa più grave: addunque essendo più spazio dalle radici de' monti al nuvolo, che da essi nuvoli alla cima del monte, la pioggia è, com'è detto, più grave e potente sopra esse radici de' monti, che in essa cima del medesimo monte, e così di mano in mano men consuma quanto men cade. La seconda è che maggior somma d'acqua è quella che discende dal mezzo del monte alle sue radici, che dalla cima d'esso monte al detto mezzo, e così abbiám concluso il nostro intento... » (2).

L'ultima delle proposizioni citate è per altro contraria ai risultati delle osservazioni meteoriche, secondo i quali sui monti (almeno fino ad una certa altezza, oltre la quale l'aria arriva troppo asciutta, perchè à deposto prima gran parte della sua umidità) in linea generale è più frequente la pioggia, e maggiore la sua quantità annua.

Leonardo riconobbe pure che l'azione dilavatrice delle piogge è ostacolata dalla vegetazione, così che dove questa manca, od il terreno è dissodato, più facilmente viene asportato dalle acque:

« Più terreno lascian li fiumi dove è vicino li popoli, che dove non è spezie umana, perchè in tali lochi si lavoran li

(1) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

(2) *Ivi*.

monti e li colli, e le piogge portan via di [li] terren remossi con più facilità che li terren duri coperti di gremigna » (1).

Nelle regioni montuose la neve esercita una azione conservatrice dei rilievi terrestri, difendendoli dall'azione scavatrice delle acque: le cime spolte di vegetazione, per quanto ò detto, sono più facilmente intaccate se non avvolte da uno spesso mantello di neve: questa infatti regola il deflusso delle acque prodotte dallo squagliamento. Perciò Leonardo giustamente osserva che « li monti son più eterni e più permanenti nelle loro altezze, li quali si coprano di neve per tutta la vernata... » (2), concetto che trovasi così ripetuto nel *Trattato della pittura*: « quell'acqua, che di più stretto e breve camino si trova, e meno consuma il locho, dove la passa, e de converso più consuma, dov'ella è larghissima e profonda. Sequita per questo, che gli altissimi gioghi de' monti, essendo il più del tempo vestiti di neve, e le piogge con piccol tempo le percotano, e li fiumi non vi sono insino à tanto, che le poche gocciolate della pioggia avanzate al sorbimento de l'arida cima cominciano à generare li minutissimi rami di tardissimo moto, li quali non hanno potentia di torbidarsi d'alcuna particola di terra da loro mossa, mediante le vecchie radici delle minute herbe; per la qual cosa tali gioghi de' monti ànno più eternita nelle loro superficie che nelle radici, dove li furiosi corsi delle ragunate acque al continuo, non contenti della portata terra, essi removano li colli coperti di piante insieme co' li grandissimi sassi, quelli rottolando per lungo spatio, infinche gli ha condotti in minuta giara, et a l'ultimo in sotil litta » (3).

(1) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

Questa proposizione costituisce il cap. XXI del libro VI del trattato *Del Moto e Misura dell'acqua* (1826), ove porta il titolo: « Dove li fiumi portano più terreno ». — Nessuna variante è degna di rimarco tranne che l'ultima parola « gremigna », del Codice è ivi sostituita con « varie cose ».

(2) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

(3) L. DA VINCI, *Trattato della Pittura* (1882), Vol. II, § 804.

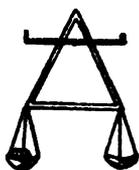
II.

Prima di lasciare quest'argomento mi permetto una breve digressione.

Il Venturi, nel molte volte citato suo *Essai* ecc., fu il primo a pubblicare nella figura quindicesima il disegno di un igrometro tratto dalle carte vinciane. In seguito l'Amoretti, che incidentalmente si è occupato dell'argomento, accennò a due disegni di tale apparecchio, di cui uno ricavato dal Codice Atlantico e l'altro da un manoscritto, del quale non dice nè il nome nè la segnatura, ma che dimostreremo pure tolto dal grande zibaldone conservato nell'Ambrosiana.

Ecco le testuali parole dell'Amoretti:

« Uno stromento atto ad indicare la costituzione e la densità dell'aria. Alla figura che ne dà sembra essere una specie di igrometro, in cui v'è un'asta in bilico con due corpi alle estremità, de' quali uno più suscettibile dell'umidità aerea inclinavasi, scorrendo su una porzione di cerchio in cui segnati erano i gradi. Un altro disegno vinciano di analogo igrometro copiò già il mio collega Mussi dal Codice Atlantico. In questo l'asta sostenente le bilance serve di base a un trian-



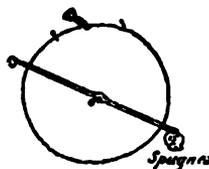
golo equilatero che al vertice è sostenuto su perno sottile, o su un angolo tagliente, da cui pende un filo a piombo, che segna sull'asta i gradi or a destra or a sinistra, a misura che l'umidità fa pesare e quindi abbassare l'asta da un lato, e la siccità dal lato opposto. Sotto una delle bilance v'è scritto: *bambagia* e sotto l'altra: *cera*; perchè la prima attrae l'umido aereo e 'l perde, e la seconda il ricusa. Sotto lo stromento leggesi: modo di vedere quando si guasta il tempo » (1).

(1) *Memorie storiche su la vita, gli studj e le opere di Leonardo da Vinci* scritte da CARLO AMORETTI [pag. 143-44]. Milano. Dalla tipografia di Giusti, Ferrario e C., 1804.

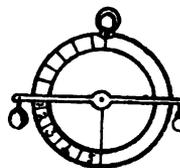
Infine il Richter nella molte volte citata sua antologia vinciana, diede il fac-simile di un altro modello dello stesso strumento.

Adunque nei manoscritti di Leonardo troviamo tre disegni di igrometri:

1° Figurato dal Richter ne' suoi *The literary works, ecc.*, a pag. 297 del volume 1°. — Consta di un cerchio, o meglio di un piatto, al cui centro trovasi imperniata una leva inter-fissa a braccia eguali, che porta ad uno degli estremi una pallottola, forse di metallo, e dall'altra una piccola spugna. Nell'interno del piatto con la usuale scrittura leonardiana si trova la seguente testuale leggenda: « modo di pesare l'arie eddi sapere quando s' à arrompere il tēpo ». Tale figura nella citata opera del Richter è riprodotta in fac-simile fra alcuni disegni che rappresentano — forse uno solo eccettuato — uomini in attitudine di parlare in mezzo a più persone. Dall'indice delle illustrazioni si apprende che il cartone originale di tutti i disegni in discorso appartiene ora al Museo del Louvre di Parigi.



2° Trovasi nel Codice Atlantico, al foglio 241-42 (segnatura antica), o 249 verso a (segnatura moderna). È lo strumento descritto come primo dall'Amoretti: la relativa figura fu pure pubblicata dal Venturi ed è qui riprodotta. Nell'originale il disegno è accompagnato dalle seguenti parole: « a cognoscere le qualità e grossezze dell'aria, e quando à a piovere ».



3° Igrometro a bilancia descritto e figurato dall'Amoretti che ne ebbe notizia, come abbiamo visto, dal Mussi. Tale disegno trovasi, secondo costui, nel Codice Atlantico, ma nei fogli tuttora pubblicati non è ancora comparso.

Il principio degli igrometri per assorbimento e la destinazione di tali strumenti agli studi di meteorologia, erano già stati intravvisti da Leon Battista Alberti e dal Cusano, che

con Leonardo formano una gloriosa triade, che trovammo già associata nella invenzione del solcometro.

L'Alberti nella sua *Architettura*, scritta dietro stimolo del principe Leonello d'Este e divulgata solo per le stampe nell'anno 1485, così ne parla: « Noi abbiamo provato, che una spugna diventa umida per la umidità dell'aria, e di qui caviamo una regola da pesare, con la quale noi pesiamo quanto sieno gravi e quanto secchi i venti e l'aria » (1).

L'accenno all'igrometro fatto dal Cusano, quasi contemporaneo dell'Alberti, trovasi nel suo libro già citato *Idiotæ libri IV, de staticis experimentis*, — la cui prima edizione è del 1476 — insieme ad alcune indagini di fisiologia vegetale.

« ORATOR. Forte ad aeris pondus, etiam aliquando per coniecturas subtiles, ascenderetur.

« IDIOTA. Si quis in libra magna, parte una, appenderet multam lanam, & siccam atq. adunatam, & alia parte lapides, usq. ad aequilibrium, in loco & aëre temperato: experiretur, aëre ad humiditatem declinante, pondus lunae crescere, & aëre ad siccitatem tendente, decrescere. Vnde hic tali differentia, aërem ponderaret, atq. uerisimiles coniecturas de temporum mutatione faceret. Sic si quis Solis uigorem uarium, attingere cuperet, mille grana aut tritici, aut ordei, ponderaret, ex diuersitate ponderum, experiretur uarium Solis vigorem: numero enim atq. agro, aequè fertili existente, quod ad locum quemlibet, differentia non nisi ex Sole esse poterit. Sic etiam differentiam uenari posses uigoris Solis, in loco montium, & vallium, in eadem linea ortus & occasus » (2).

L'igrometro è il primo strumento per mezzo del quale nella meteorologia venne introdotto il metodo sperimentale.

(1) *Della Architettura*, libri dieci di LEON BATTISTA ALBERTI. Traduzione di COSIMO BARTOLI con note apologetiche di STEFANO TICOZZI e trenta tavole in rame disegnate ed incise da COSTANTINO GIANNI [in] *Raccolta dei Classici Italiani di Architettura da Leon Battista Alberti fino al secolo XIX*. Vol. I [libro X, cap. III, pag. 349]. Milano, a spese degli editori, MDCCCXXXIII.

(2) D. NICOLAI DE CUSA, *Opera* (1565), pag. 176.

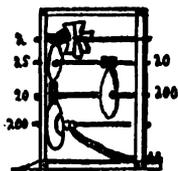
Data la difficoltà di poter stabilire se a Leonardo, oppure all'Alberti od al Cusano (che, tra parentesi, ebbe la sua educazione scientifica in Italia, alla Università di Padova — specie alla scuola di Prosdocimo de' Beldomandi — nella quale, si laureò nel 1424 per poi passare in Germania e darsi alla carriera ecclesiastica) spetta la priorità dell'invenzione, fa meraviglia il vedere che quasi tutti quelli che si sono occupati della storia della fisica, anche se italiani (1), abbiano ommesso di citare, parlando dell'igrometro, il nome di Leonardo. Dimenticanza imperdonabile perchè il Saggio del Venturi, che nessun cultore della storia delle scienze può ignorare, pubblicato nel 1797, porta un disegno chiarissimo di tale apparecchio.

Ora, ammesso pure che Leonardo abbia avuto un vago sentore del principio su cui è fondato, la forma data allo strumento, specie quella che si trova a carte 249 verso del Codice Atlantico — la seconda da noi descritta e figurata — presenta una indiscutibile superiorità strutturale anche su quella appena abbozzata nello scritto del Cusano. Superiorità derivante in modo essenziale dalla ben studiata disposizione delle singole parti e dalla introduzione del cerchio graduato. Permettendo questo una lettura diretta e pronta della posizione dell'asta-indice, le osservazioni sono rese, sia pure grossolanamente, comparabili fra loro: condizione indispensabile per gli esperimenti fisici, e lo strumento inoltre riesce di pratica utilità per le ricerche meteorologiche.

Tale ramo di studi non venne tralasciato da Leonardo, come ce lo attestano i suoi manoscritti, in mezzo 'ai quali troviamo anche un disegno di un anemoscopio, e di un apparecchio cronometrico per determinare « la distanza del

(1) Ricordo fra questi i sigg. Dr. G. AGAMENNONE e CANCANI A. che nel loro *Contributo alla storia ed allo studio dell'igrometria* (in "Annali dell'Uff. Centr. Meteor. Italiano", Serie II, Vol. VII, Parte I, 1885 [pagg. 1-35], Roma, 1887) accennano con citazioni di seconda o terza mano al Cusano (pag. 5), e non nominano nemmeno l'Alberti e Leonardo.

tuono » come si vede dal qui unito disegno e dalle seguenti



linee che gli servono di dilucidazione:

« La vite farai di piombo o di legno, per potere, limando, correggere, e far che l'asse di equal forza.

« La prima [ruota] darà una volta in un tempo, il qual sarà diviso dalle volte de la seconda [in] 20 punti e dalla terza in 200 minuti.

La prima ruota dando una volta . . .	1
la seconda ne darà	20
la terza	200
la quarta	1000

« Se i nuboli e le cime de li alberi saranno senza moto, con facilità si dimostrerà la distanza dal tono per causa del figurato strumento » (1).

(1) Codice Atlantico, fol. 249 verso a.

Cfr. a questo proposito il seguente passo:

« Possibile è a conoscere co l'orecchio la distanza d'uno tono, vedendo in prima il suo lampeg[gliare, per la similitudine della boce [voce] d'eco ».

Manoscritto A., fol. 19 recto.





CAPITOLO IX.

L'interna circolazione delle acque.

Le acque sotterranee; grandiosità del fenomeno della interna circolazione delle acque. — Esse scorrono entro le viscere della terra come il sangue nel corpo degli animali. — La provenienza marina delle sorgenti. — Un colossale lambiccò. — Sane idee di Vitruvio e di Leon Battista Alberti. — Oscillazione del pensiero leonardiano su questo argomento: l'ultima fase. — Opinione di Palissy; errori di Cartesio; teoriche di Guglielmini e di Antonio Vallisneri. — Le sorgenti minerali e termali; i bagni di Bormio. — Le fonti perenni e temporanee; il Fiumelatte. — Le intermittenti; la « Pliniana ». — Fenomeni straordinari della idrografia sotterranea.

I.

L EONARDO DA VINCI, mentre cercava di penetrare nel buio della interna compagine del nostro globo, sedotto dal paragone dianzi accennato, di considerare, cioè, la terra quale un colossale vivente — che di necessità doveva condurlo a false teoriche sulla circolazione sotterranea delle acque e sulla origine delle sorgenti, — immagina le viscere della terra percorse da innumerevoli canali, che vanno stendendo da per tutto le loro ramificazioni. « Grandissimi fiumi [s]corran sotto terra » lasciò scritto il Vinci nel Codice Atlantico (1), ed altrove sotto ad un abbozzo di sfera sezionata: « Qui si à a imagnare la terra segata pel mezzo e vedrannosi le profondità del mare e della terra; le vene si partono dai fondi de' mari e tessono la terra,



(1) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

e si levano alla sommità de' monti e riversano per li fiumi e ritornano al mare » (1).

Concetto ancora meglio esplicato in un altro passo dello stesso codice: « Il corpo della terra, a similitudine de' corpi de li animali, è tessuto di ramificazioni di vene, le quali son tutte insieme congiunte, e son costituite a nutrimento e vivificazione d'essa terra, e de' sua creati. Partono dalle profondità del mare, e a quelle dopo molta revoluzione anno a tornare per li fiumi creati dalle alte rotture d'esse vene » (2).

Il fenomeno della circolazione sotterranea delle acque è uno dei più grandiosi che si conoscano e medesimamente uno dei più importanti per l'economia tellurica. Che Leonardo ne abbia compreso l'immensa grandiosità, appare in modo chiaro dai passi citati e dalla seguente proposizione, la quale peraltro contiene un'affermazione inesatta, che in Sicilia, cioè, non nascano castagni, mentre sappiamo che oltre 4 migliaia di ettari del suolo di detta isola sono tuttora ricoperti da castagneti da frutto.

« Vedesi una vena surgere in Sicilia, la quale a certi tempi dell'anno versa foglie di castagno in moltitudine, e in Sicilia non nascono castagnie; è adunque necessario che tal vena esca d'alcun pelago dell'Italia e vada poi sotto il mare e sbocchi poi in Sicilia » (3).

È naturale che ammesso un ricambio di umori fra l'oceano ed i continenti, e data la teorica di considerare la terra quale

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 31 recto. — RICHTER, II, § 962.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 33 verso. — RICHTER, II, § 970.

Nello stesso Codice, al foglio 6 verso (RICHTER, II, § 958) si legge un identico concetto relativo alla interna circolazione:

« Sono adunque sommerse le acque nelle vene partite dai fondi de' mari, le quali ramificano dentro al corpo della terra e rispondono al nascimento de' fiumi, i quali al continuo tolgono dal fondo il mare al mare andato, è tolto innumerabili volte nella superficie un mare al mare ».

E così pure nel Codice Atlantico (fol. 74 recto a):

« Come tutte le vene e li fiumi sono per l'universo insieme congiunte ».

(3) Manoscritto *Leic.*, fol. 31 verso. — RICHTER, II, § 1068.

un vivente, ne veniva di necessità logica che l'acqua doveva scorrere negli interni condotti, siccome il sangue nelle vene; anzi, secondo Leonardo, essa costituisce il sangue vivificatore del nostro globo: « L'acqua che surgie ne' monti è il sangue che tiene viva essa montagna. [Se] è forata in es[s]a o per traverso essa vena, la natura aiutatrice de' sua vivi, sendo, a[b]bondante nell'aumento di volere vinciere il mancamento del versato omore, quivi con curioso so[c]corso a[b]bonda, a similitudine del loco percors[o] nell'omo, e si vede, pe lo soc[c]orso fat[t]o, multiplicare il sangue sotto alla pelle, i[n] modo di sgonfiamento, per s'aprire al loco infecto. Similmente la vite, sendo tagliata nell'alta stremità, manda la natura dall'infimie radici all'altez[z]a som[m]a del loco tagliato il suo omor, e quel[l]o, essendo versato, essa non l'ab[b]andona di vitale omore insino al fine della sua vita » (1).

Questa teorica Leonardo si propose di sviluppare in tutti i suoi particolarì, come appare dal seguente passo che trovasi in una specie di indice di argomenti:

« Come contro al natural moto delle cose gravi l'acqua surge a l'altissime sommità de' monti, partendosi da l'infime profondità del mare. E qui si dirà: se l'acqua infra l'acqua non pesa, manco peserà l'acqua infra la terra, perchè l'acqua per se non pesa, se non è sopra più lieve corpo di lei, e fa come le vene del sangue nelli animali » (2).

*
* *

Ma alcuni fatti si presentavano come barriere insormontabili. L'acqua per se stessa non può salire, ed invece si trovano sorgenti anche sui monti più elevati, che, come ò già osservato, Leonardo ritiene tutti più alti del livello del mare. Nemmeno l'esperienza fatta con il sifone capillare può essere invocata a spiegazione: perchè per il funzionamento di questo

(1) Manoscritto *H.*, fol. 77 recto.

(2) Codice Atlantico, fol. 74 recto *a.*

apparecchio è necessario che la bocca d'efflusso sia più bassa della superficie libera del liquido da travasare (1).

« Se l'acqua può montare dal mare alle cime delli monti.

« Il mare ocieano non può penetrare dalle radici alle cime de' monti che con lui confinano, ma sol si leva quanto la secchità del mondo ne tira. E se per l'avversario la pioggia, che penetra dalla cima del monte alle radici sua, che col mare confina[no], discende e mollifica la spiaggia opposta del medesimo monte e tira al continuo sì come fa la cicogniola, che versa per il suo lato più lungo, fussi quella che tira in alto l'acqua del mare, come se $s n$ fussi la pelle del mare e



la pioggia discende [d]alla cima del monte a allo n da un lato e dall'altro lato discende dallo a allo m : senza dubbio questo sarebbe il modo dello stil-
 li
 lare a feltro, o come si fa per la canna detta cicogniola, e senpre l'acqua che à mollificato il monte per la gran pioggia che discende dalli due oppositi lati, tirerebbe a se il lato più lungo, la pioggia $a n$ insieme coll'acqua del mare perpetuamente, se 'l lato del monte $a m$ fussi più lungo che 'l lato $a n$; il che esser non può, perchè nessuna parte di terra che non sia sommersa dall'oceano sarà più bassa d'esso oceano ecc. » (2).

Dato ciò Egli, dominato dal concetto ilozoistico, crede che « quella causa, che move li omori in tutte le spezie de' corpi animati contra 'l natural corso della lor gravezza, è proprio quella, che per le terrestre vene move l'acqua dentro a esse inclusa, e pe' sottili meati la distingue, e come il basso sangue in alto surge, e per le rocte vene della fronte versa, e come

(1) Intorno ai sifoni Leonardo osservò che l'efflusso rimane il medesimo sia quando il sifone stesso à un equal diametro in ogni sua parte, sia quando si espande nel ramo esterno in amplissimo vaso. Conobbe pure che la velocità di efflusso dipende solo dalla differenza di livello fra l'orifizio libero del ramo esterno e la superficie del liquido in cui si immerge l'altro ramo: e che il sifone non può funzionare se il braccio esterno à la sua bocca al di sopra del livello del liquido nell'altro vaso.

(2) Manoscritto G., fol. 70 recto.

dalla inferiore parte della vite l'acqua surmonta a sua tagliati rami, così dall'infima profondità del mare l'acqua s'innalza alle sommità de' monti, dove trovando le sue vene rocte, per quelle cade, e al basso mare ritorna. Così dentro e di fuori si va variando, quando con accidental moto consurge, e quando con natural libera discende. Così insieme congiunta con continua revoluzione si va girando..... » (1).

E la natura di questa causa è spiegata in un altro passo dal titolo: « *Del caldo che nel mondo è* » che così comincia: « Dov'è vita lì è calore, e dov'è calore vitale quiv'è movimento d'omori ». Dopo aver ivi accennata la formazione delle nubi, come riportammo altrove, termina dicendo: « Ora quel medesimo caldo che tiene sì gran peso d'acqua, come si vede piovere de nuboli, disvelle di basso in alto dalle base de le montagne e conducie e tielle dentro alle cime delle montagne, le quali [acque] trovando qualche fessura lì continui [continuamente] uscendo causano i fiumi » (2). Ed ancora più diffusamente:

« *Della confermazione perchè l'acqua è nelle sommità de' monti.*

« Dico che si come il naturale calore tiene il sangue nelle vene a la so[m]mità dell'omo, e quando l'omo è morto esso sangue fred[d]o si riduce ne' lochi bassi, e quando il sole riscalda la testa all'omo moltiplica, e sopravviene tanto sangue con omori, che, forzando le vene, gienera spesso dolori di testa; similmente le vene che van[n]o ramificando per lo corpo della ter[r]a, e per lo naturale calore ch'è sparso per tutto il continente corpo, l'acqua sta per le vene elevate all'alte cime de' monti. E quell'acqua che passasi per uno condotto murato nel corpo d'essa montagna, come cosa morta non uscirà della sua prima bassez[z]a, perchè non è riscaldata dal vitale calore della prima vena: ancora



(1) Codice Atlantico, fol. 171 recto a.

(2) Manoscritto A., fol. 55 verso. — Vedi pag. 89 del presente.

il calore dell'elemento del foco, e il giorno, il caldo del sole à
potenzia di svegliere l'umidità de bassi lochi e tirare in alto
nel medesimo modo ch'ella tira i nuboli, e
sveglie la loro umidità dal letto del mare.



« Se piglierai lo strumento *rf*, e scalderei
di sopra, l'acqua si partirà di *rf* e, salendo,
verserà per *a* » (1).

*
*
*

Tale concezione sulla interna circolazione delle acque, ar-
rise anche alla dotta mente di Guglielmo Harvey (1578-1658),
il quale, riprendendo il pensiero degli antichi, vide pure nel
ciclo esogeno ed endogeno che compie l'acqua una completa
rassomiglianza con quanto succede nella circolazione del
sangue nel corpo dell'uomo e degli animali:

« Quem motum *circularem* eo pacto nominare liceat, quo
Aristoteles, aerem & pluviam circularem superiorum motum
aemulari, dixi. Terra enim madida a Sole calefacta evaporat;
vapores sursum elati condensantur: condensati in pluvias rur-
sum descendunt; terram madefaciunt; & hoc pacto fiunt hic
generationes & similiter tempestatum & metereorum ortus, a
Solis circulari motu, accessu & recessu. Sic verisimiliter con-
tigit in corpore, motu sanguinis, partes omnes sanguine cali-
diore, perfecto, vaporoso, spirituoso, (& ut ita dicam) alimenta-
tivo nutrir, foveri, vegetari; in partibus sanguinem refrigerari,
coagulari, & » (2).

(1) Manoscritto *A.*, fol. 56 recto.

Questo passo costituisce il cap. XLI del Libro I (pag. 290) del
trattato *Del moto e misura*, ecc. (1826): oltre ad alcune varianti di di-
zione quivi fu omissa il periodo: " E quell'acqua..... „ fino alle parole:
" ancora il calore, ecc. „.

Vedi altri analoghi concetti nell'Appendice VIII.

(2) GUILIELMI HARVEJI DOCT. & PROFESS. REGII *Exercitationes Anato-
miae, De motu Cordis, & Sanguinis Circulatione*, ecc. [pagg. 82-83],
Roterodami. Ex officina Arnoldi Leers, MDCLXXI.

Anzi, sedotto da tal paragone, non esitò riconoscere nel cuore, il sole del *microcosmo*: « Ita cor principium vitae & Sol microcosmi (ut proportionabiliter Sol cor mundi appellari meretur) cuius virtute & pulsu sanguis movetur, perficitur, vegetatur, & a corruptione & grumefactione vindicatur, suumque officium nutriendo, fovendo, vegetando, toti corpori prae-stat lar iste familiaris, fundamentum vitae, auctor omnium » (1).

Premessa questa rapida esposizione delle teoriche vinciane sulla circolazione sotterranea delle acque, conviene esaminare in modo succinto le idee relative allo stesso argomento, sostenute da qualche altro autore, prima di passare alla trattazione di un nuovo ordine di cose caldeggiato da Leonardo, che si riannoda completamente alla scienza moderna.

Aristotele nelle *Meteore*, ben note a Leonardo (2), combatte l'opinione di coloro che attribuiscono l'origine delle sorgenti agli stillicidi dei monti causati dalle piogge e dallo squagliarsi delle nevi.

Secondo Plinio l'acqua delle fonti proviene dal mare, dal quale, per mezzo di una sotterranea rete di canali, può salire fino alle più alte cime « quo, spiritu acta, et terrae pondere expressa, siphonum modo emicat; tantumque a periculo decidendi abest, ut in summa quaeque et altissima exsiliat. Qua ratione manifestum est, quare tot fluminum quotidiano accessu maria non crescant... » (3).

Brunetto Latini fa derivare le sorgenti pure dal mare: « suso la terra... è assisa l'acqua, cioè il mare maggiore, il quale è appellato mare Oceano, di cui tutti gli altri mari, e bracci di mari, e fiumi che sono sopra la terra, escono, e tutte le fontane indi nascono, e quindi nacquerò primieramente e li medesimi ritornano alla fine » (4). Immagina che

(1) G. HARVEY, *De motu ecc.* (1671), pag. 84.

(2) Leonardo ricorda il classico trattato aristotelico nel Codice Atlantico (fol. 222 recto - 664 recto: RICHTER, II, § 1448) con le parole « *Meteora d'Aristotile vulgare* ».

(3) PLINII *Hist. Nat.*, Libro II, § LXVI.

(4) BRUNETTO LATINI, *Il Tesoro* (1878), Vol. I, libro II, cap. XXXVI, pagg. 316-17.

le acque si innalzino entro agli interni canali quasi sì come muovere il sangue dell'uomo nelle vene: « la terra è tutta cava dentro di luogo in luogo, ed è piena di vene e di caverne, e però le acque che di mare escono, vanno e vegnono per la terra, e surgono dentro e di fuori, secondo che le vene le menano qua e là: così come il sangue dell'uomo si sparge per le sue vene, sì che cerca tutto il corpo da monte e da valle... » (1). Però siccome, secondo Brunetto, il mare è più alto della terra « non è » aggiunge « maraviglia delle fontane che escono su nell'alte montagne: chè egli è propria natura dell'acqua, che ella monti tanto, quanto ella scende » (2).

Uguale provenienza propugna pure Ristoro d'Arezzo:

« E le vene dell'acqua che corrono entro per lo corpo della terra, e quelle ch'escono fuori a fare i rii, e i fiumi, e i paduli, e i laghi, e le fonti, e altrove deono avere nascimento là ond'elle vengono meno; e queste vene d'acqua che corrono entro per lo corpo della terra, e quelle che n'escono fuori a fare i rii, e i fiumi e altro, s'elle non vogliono venire meno, denno per ragione avere radice e nascere del mare: e di quelle vene medesime possono nascere de' fiumi, e i rii e i fiumi ch'elle fanno, entrano e fanno capo nel mare, e non possono altrove: e per questo si dice che i fiumi escono del mare ed entrano nel mare. E secondo questa via si continua tutta l'acqua del mondo insieme, s'ella non è racchiusa per forza. E se l'acqua esce del mare dall'uno lato circolarmente, lì dee tornare dall'altro, e 'n altra guisa il mare non durerebbe. E se l'acqua continuamente entrasse nel mare e non ne uscisse, lo mare crescerebbe, e s'egli crescerebbe, chè non si trovava crescere [*sic*]: e s'egli cresce dall'uno lato, per l'opposto è mistieri ch'egli menimi d'altro, acciò che sia maggiore operazione. Adunque è mistieri che l'acqua continuamente entri nel mare, e continuamente esca del mare » (3).

(1) BRUNETTO LATINI, *Il Tesoro* (1878), Vol. I, pag. 317.

(2) *Id.*, *ivi*, pagg. 317-18.

(3) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 80.

*
**

Sull'origine delle sorgenti e sul loro meccanismo, lungamente discute Ristoro nel capo VII del libro VI della sua *Composizione*, che à appunto per titolo: « Della cagione come l'acqua sale nelli monti e della cagione perchè ella vi sale ». Rimandando per brevità a quanto ò già detto nel capitolo riguardante il livello del mare, aggiungerò che ivi fra l'altro reca l'opinione di coloro che ritengono la circolazione sotterranea compiersi nel modo con cui funziona un lambicco: i vapori generati dal sole non potendo liberamente espandersi, chè inclusi nelle caverne de' monti, si condensano in acqua, la quale precipita al fondo delle cavità, e quindi si immette nei sotterranei condotti, donde viene alla luce con i gemitfi e le sorgenti. « E fuorono » scrive « alquanti savi, che nè 'nsegnavano altra loro ragione, e dicevano che l'acqua ch'esce su nel monte si s'ingenera e viene dalla caverna, la quale è nel monte: la quale acqua ingenerata di vapore, per la virtude del Sole (chè traendo il Sole continuamente lo vapore nella caverna, e montando lo vapore nella parte di sopra della caverna, non può esalare e uscir fuori, imperciò ch'è ben turata) risolvesi in acqua, e scende giù nel fondo, e truova via, e escene continuamente fuori, e vuole che l'acqua si faccia nel monte, nel modo che si fae l'acqua rosata delle rose nella campana, chè monta lo fumo su e risolvesi in acqua, la quale scende giù ed esce fuori per doccia ». Ma aggiunge che « la ragione contradice a loro: imperciò che noi troviamo uscire l'acqua continuamente nella sommità di molti monti, e di monti grandi e piccoli; e se questo fosse non si troverebbe, imperò che sarebbe mistieri che la caverna fosse aperta dalla parte di sopra nella sommità del monte, là onde n'esce l'acqua; e se la caverna fosse aperta dalla parte di sopra, uscirebbe fuori il vapore, sì che l'acqua non vi si potrebbe ingenerare, e sarebbe molti altri inconvenienti » (1).

(1) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 84.

Non credo utile il seguire più oltre Ristoro ne' suoi ragionamenti intorno alla spiegazione dell'innalzarsi dell'acqua su i monti, a proposito del quale problema dirò che Alberto Magno chiama in aiuto i vapori generati sotto terra per azione del continuo moto del sole (1). Ma, strana coincidenza, il concetto della circolazione sul tipo del lambicco, già combattuto da Ristoro, fa capolino pure nei manoscritti vinciani:

« Il caldo del fuoco appreso dentro al corpo della terra riscalda l'acqua, che dentro a quella si rinchiude nelle grandi spelonche, ed altre concavità, e questo caldo fa riscaldare, e vaporare le predette acque, ed elevarsi in alto alle coperture delle dette concavità, e penetrare per le fessure dei monti insino alle loro somme altezze, dove trovando il freddo, subito si ritorna in acqua, come far si vede nel lambicco, che va ricadendo, e componendo i principj di fiumi, che poi di lassu discender si veggono » (2).

*
*
*

Vitruvio è d'opinione che le sorgenti ritraggano origine dalle piogge e dalle nevi che « sciolte trapelano, ove, sgorrando a guisa d'onde, sboccan poi fuori le sorgive de' fonti » (3). Queste sane idee sulla interna circolazione furono riprese da Leon Battista Alberti, secondo il quale « colui che dirà che la terra succia gli umori de le piogge, i quali mediante la loro gravezza e la loro sottigliezza penetrano e si distillano, e cascano ne' luoghi concavi, sarà forse da non essere bia-

(1) ALBERTO MAGNO, *De Meteoris libri IV*, Lib. II, tract. II, cap. XII [in] *Beati Alberti Magni Operum*. Tomus II [pag. 50]. Lugduni MDCLI.

(2) L. DA VINCI, *Della natura, moto e peso dell'acque* (manoscritto), fol. 106 r. — Per questo Codice vedi Appendice XIII-IV B.

(3) *Dell'Architettura di MARCO VITRUVIO POLLIONE*, libri X, pubblicati da CARLO AMATI [libro VIII, cap. II, pagg. 230-31]. Milano, coi tipi di L. di G. Pirola, 1819-20.

simato » (1). Ma non solo le acque che cadono sotto forma di pioggia, servono a dar alimento alle sorgive: vi concorrono pure le nevi sciolte, giacchè, osserva l'Alberti, che « i monti che stanno assai tempo coperti da la neve danno di se gran copia di acque » (2).

L'Alberti à pure il merito di aver rivolto l'attenzione alle intime relazioni che passano fra la stratigrafia e l'ubicazione e la potenza delle sorgenti. Egli, dopo aver parlato della disposizione che àno le pile dei sedimenti, aggiunge che « vedute... queste cose, gli uomini di sottil ingegno hanno facilmente potuto conoscere, che le acque sono o generate, o veramente che le piogge si raccolgono infra queste scorze e congiunture de' filari, per il che le parti intime del monte diventano umide. Di qui presero argomento da poter avere le riposte acque, forato il monte di quel luogo massime nel quale corrono a congiungersi l'uno con l'altro i filoni e gli ordini de le linee che vanno a basso, il qual luogo è molto pronto dove i muscoli de' monti congiugnendosi l'uno a l'altro faranno qualche seno » (3).

Infine dirò che l'Alberti osservò pure le funzioni degli strati permeabili ed impermeabili in rapporto alle sorgenti stesse: « E troverai, che quasi tutti i fiumi non nascono d'altronde, se non dove egli hanno sotto di loro, o allo intorno, il terreno saldo e sodo; e sopra di loro o vi sarà una pianura adiacere, o e' saranno coperti di terreno raro e sciolto, di maniera che se tu esami bene la cosa non negherai, che l'acqua ragunata vi caschi quasi da un lato d'un catino rotto. E di qui è che il terren più serrato ha manco d'acque, e non vi si trovano se non in pelle su pelle. Ma il terreno più sciolto ha più umore, ma non vi troverai l'acqua se non giù ben adentro » (4).

Mi sono dilungato alquanto nella esposizione delle opinioni

(1) L. B. ALBERTI, *Architettura* (1833), Libro X, cap. III, pag. 349.

(2) *Id.*, *ivi*, cap. IV, pag. 350.

(3) *Id.*, *ivi*, pag. 351.

(4) *Id.*, *ivi*, pag. 350.

dell'Alberti sulla circolazione sotterranea delle acque, perchè tali idee potevano essere note a Leonardo. Questi, come abbiamo visto, dopo aver oscillato intorno agli antichi concetti derivati dal considerare la terra quale un colossale vivente, dopo aver pure accennato quelli informati alla teorica della distillazione, viene esplicitamente ad ammettere che l'origine delle sorgenti sia dovuta in modo esclusivo alle precipitazioni meteoriche. Infatti, quasi correggendo quanto prima aveva asserito, soggiunge: « l'acqua delli fiumi non dal mare ma dalli nuvoli à origine » (1): in altro passo chiama « li nuvoli seminatori d'elli fiumi » (2) ed altrove ancora, parlando dell'origine de' fiumi, li dice « nati di piove, nella grandine e diaci resoluti dalli solari razi della stade, la qual resolutione è generatione d'acque ragunate da molti piccoli rivi, concorrenti da diversi aspetti alli maggiori rivi: crescono in magnitudine quanto essi acquistano di moto, insin che si convocano al gran mare oceano... » (3). Per di più aggiungo che nello schizzo qui unito — cui servono di spiegazione le parole appresso riprodotte — sembra che Leonardo abbia



pure posto mente alle relazioni fra la stratigrafia e l'ubicazione delle sorgenti:

« Dell'acqua che surge sotto le radici de' monti in diverse distanzie dalle predette radici: *AB* è l'acqua » (4).

È necessario insistere alquanto sulla prima proposizione, che, cioè, l'acqua dei fiumi non ritrae sua origine dai mari, perchè quivi troviamo negato quel ricambio di umori fra oceano e continenti da principio ammesso da Leonardo, come base fondamentale della teorica propugnata sulla interna circolazione delle acque.

Se i manoscritti vinciani ci fossero pervenuti nella loro integra disposizione, noi potremmo seguire la evoluzione del

(1) Codice Atlantico, fol. 160 verso *a*.

(2) Manoscritto *G.*, fol. 48 verso.

(3) L. DA VINCI, *Trattato della Pittura* (1882), Vol. II, § 84, pag. 208.

(4) Codice Atlantico, fol. 185 verso *c*.

pensiero di Leonardo, sempre pronto a ricredersi, allorquando osservazioni più accurate ed esaurienti o risultati di esperienze, dimostravano fallaci le proprie teorie. Ciò non essendo ora possibile, sia per la natura stessa dei manoscritti vinciani, sia per i rimaneggiamenti dei fogli che compongono i vari codici che noi possediamo (1), dobbiamo cercare di procedere con le maggiori cautele per rintracciare nelle diverse annotazioni riguardanti un determinato ordine di idee, i successivi stadi per i quali la mente di Leonardo è passata.

Ora la citata proposizione dimostra in modo irrefragabile che la provenienza delle sorgenti dal mare, costituisce la prima fase; ipotesi poscia da Leonardo non solo abbandonata, chè riconosciuta non conforme al vero, ma eziandio combattuta. Ma perchè mai, si domanda il Vinci, quest'acqua che le forze endodinamiche possono far ascendere fino all'alte cime de' monti, non si solleva fra l'aria, che le offre minor resistenza della terra, entro i cui meati è costretta a penetrare superando gravissime difficoltà? « Se l'acqua che surge pe[r] l'alte cime de' monti viene dal mare, del [da] quale il suo peso la su la sospignie per essere più alto d'essi monti, perchè à così licenzia tal particula d'acqua a levarsi in tanta altez[z]a, e penetrare la terra con tanta diff[ic]ultà e tempo, e non è stato concesso al resto dell'elemento dell'acqua fare il simile, il quale confina coll'aria, la qual non è per resisterli, ch'el tutto non si elevassi alla medesima altezza della predetta parte. E tu, che tale invenzione trovasti, rito[r]na a rinparare [di] naturale che tu manc[h]erai di tali simili oppenioni, del quale tu à fatto grande a[m]munizione, insieme col capitale del fructo, che tu possiedi » (2).

Oltre a ciò il manoscritto *G.* reca la seguente annotazione, la quale infirma i presupposti della teorica stessa:

« *Come l'Ocieano non penetra infra la terra.*

« *L'Ocieano non penetra infra la terra e questo c'insegna*

(1) G. UZIELLI, *Ricerche intorno a Leonardo da Vinci*, Serie seconda, [pagg. 255 e seg.]. Roma, Salviucci, 1884.

(2) Manoscritto *F.*, fol. 72 verso.

le molte e varie vene d'acque dolci, le quali in diversi lochi d'esso ocieano, penetrano dal fondo alla sua superfizie. Ancora il medesimo ci mostrano i po[z]zi fatti dopo lo spazio d'un miglio remoti dal detto ocieano, li quali s'empiano d'acqua dolcie: e questo accade perchè l'acque dolcie è più sottile che l'acqua salata, e per conseguenza più penetrativa » (1).

Mentre non credo necessario insistere sulla parola *ocieano*, che cioè, qui non deve essere intesa in senso geografico, ma solo quale grande adunanza di acque salate, prima di passare oltre, aggiungerò a maggiore dilucidazione che le nuove conclusioni che informano i concetti Leonardiani testè svolti, àno loro naturale derivazione nei risultati di alcune esperienze sui fenomeni capillari, de' quali al nostro Grande spetta pure il merito della scoperta (2).

« *Più penetra l'acqua dol[c]e contro all'acqua salsa, che la salsa contro alla dolcie.*

« Che l'acqua dolcie penetri più contro all'acqua salsa, che essa salsa contro alla dolcie, ce lo manifesta una sottil tela asciutta e vecchia, pendente con equal bassezza colli sua oppositi stremi nelle due varie acque, delle quali le lor superfizie sièn d'equal bassezza, e allor si vedrà elevarsi in alto infra essa pezza tanto più l'acqua dolcie, che la salsa, quanto la dolcie è più lieve che essa salsa » (3).

(1) Manoscritto G., fol. 38 recto.

(2) Vedi a questo proposito: G. B. DE TONI, *Frammenti Vinciani — IV: Osservazioni di Leonardo intorno ai fenomeni di capillarità* [pagine 55-61]. Padova, 1900.

(3) Manoscritto G., fol. 38 recto.

I fenomeni di capillarità furono applicati da Leonardo in un metodo per studiare il peso delle acque. Nel Codice Atlantico in una specie di elenco di istrumenti (fol. 80 recto *b*) trovasi: « De lo strumento che pesa l'acqua — Del saggiare le qualità dell'acqua per peso, con due panni bagnati... ». Ora nel manoscritto G., al foglio 37 verso,

Possiamo per di più aggiungere che Palissy, di cui a ragione si vantano e la genialità e la giustezza delle vedute geologiche, non esitò ad abbracciare ne' suoi *Discours admirables de la nature des eaux & fontaines* (1580), la più semplice, e nello stesso tempo, la vera teoria (1). Egli, combattuta l'opinione di coloro che fanno provenire le sorgenti dal mare, ritiene, da buon pratico, che esse abbiano origine dalle acque pluviali infiltranti e penetranti nell'interno della terra, fino dove incontrano uno strato di argilla o di rocce impermeabili : « les roches & montaignes retiennent les eaux des pluyes comme feroit vn vaisseau d'airain. Et lesdites eaux tombantes sur lesdites montaignes au trauers des terres & fentes, descendent tousiours, & n'ont aucun arrest iusques à ce qu'elles ayent trouué quelque lieu forcé de pierre ou rocher bien contigu ou condencé: & lors elles se reposent sur vn tel fond, & ayant trouué quelque canal ou autre ouuerture, elles sortent en fontaines ou en ruisseaux & fleuves, selon que l'ouuerture & les receptacles sont grands: & d'autant

trovasi la particolareggiata descrizione del sistema proposto, che qui riproduco:

* *Per conoscere l'acque soctili.*

* Cognoscierai le varie soctigliezze delle acque col pendere con equal bassezza li oppositi stremi d'una banda di tela lina vecchia, la qual sia netta, e questa penitri da ogni parte in sino al fondo di due vasi pieni delle due acque che tu vuoi sperimentare. Allora tale acque monteranno alquanto in alto su per essa tela, e di mano in mano s'andranno sciugando, e quando se ne asciugherà della montata tanto ne rimonerà dell'altra, insino a tanto che 'l vaso si asciugherà; e se rienpirai li vasi di novo, tutta monterà nella pezza con insensibile tardità e così s'andrà (com'è decto) asciugando e a questo modo la pez[z]a resterà piena del rimanente della vaporata acqua e in questo modo, mediante li acquistati pesi, potrai conoscere qual sia l'acque più terrest[r]e l'una che l'altra.

(1) Non è potuto consultare l'edizione originale, ma quella inserta sotto il titolo *Des eaux et fontaines*, a pagg. 228-303, delle *Œuvres de BERNARD PALISSY revues sur les exemplaires de la Bibliothèque du Roi, avec des notes par MM. Faujas de Saint Fond et Gobet*. Paris, chez Ruault, 1777, in 8° [pagg. xxv + 734].

qu'une telle source ne se peut ietter (contre sa nature) aux montaignes, elle descend aux valées. Et combien que les commencemens desdites sources venant des montaignes ne foyent gueres grandes, il leur vient du secours de toutes parts, pour les agrandir & augumenter: & singulierement des terres & montaignes qui sont à dextre & à senestre du cours desdites sources. Voila en peu de paroles la cause des sources des fontaines, fleuves & ruisseaux; & ne te faut chercher nulle autre raison que celle là.

« La cause donc pourquoy les eaux se trouvent tant ès sources qu'ès puits, n'est autre qu'elles ont trouvé vn fond de pierre ou de terre argileuse, laquelle peut tenir l'eau autant bien comme la pierre: & si quelqu'un cherche de l'eau dedans des terres sableuses, il n'en trouvrà iamais, si ce n'est qu'il y ait au-dessous de l'eau quelque terre argileuse, pierre, ou ardoise, ou mineral, qui retiennent les eaux des pluyes quand elle auront passé au trauers des terres » (1).

*
**

Possiamo adunque affermare, senza tema di essere tacciati di amplificazione, che con Leon Battista Alberti, Leonardo da Vinci e Bernardo Palissy, il problema riguardante la origine delle sorgenti era giustamente risolto. Ciò malgrado continuò per lungo tempo ancora a preoccupare la mente dei filosofi e dei naturalisti, meravigliati per la presenza di sorgenti numerose e potenti sui monti, fonti perenni di acque limpide e fresche, che nè le più ostinate siccità, nè il variare delle stagioni fanno inaridire, e nemmeno ostentanti apparenti rapporti con interni bacini, con nevai e con ghiacciai circostanti. E, cosa più strana, vediamo ancora rimesse a nuovo quelle vecchie teorie, state già validamente combattute da energici oppositori!

(1) PALISSY, *Des eaux*, ecc. [in] *Œuvres*, ecc. (1777), pag. 283.

E così, per esempio, Cartesio (1596-1650) è indotto a ricorrere al concetto antichissimo dell'acqua marina: questa, infiltratasi nelle viscere della terra, perviene ad una regione calda, donde si solleva sotto forma di vapori, i quali infine si condensano in acqua che serve ad alimentare le fonti. Cartesio ritorna in tal modo all'idea del lambicco, che abbiamo già trovata combattuta da Ristoro d'Arezzo:

« ... Et notemus in primis ... quo pacto fontes & flumina orientur...

« Quippe cum infra campos & montes magnae sint cavitates aquis plenae, non dubium est, quin multi quotidie vapores, hoc est, aquae particulae vi caloris ob invicem disjunctae, ac celeriter motae, usque ad exteriorem camporum superficiem, atque ad summa montium juga perveniant. Videmus enim etiam plerosque istiusmodi vapores, ulterius usque ad nubes attolli: ac facilius per terrae meatus ascendunt, ab ejus particulis sussulti, quam per aërem, cuius fluidae ac mobiles particulae, ipsos ita fulcire non possunt.

« Postquam autem isti vapores sic ascenderunt, frigore succedente torpescunt, & amissa vaporis forma rursus in aquam vertuntur: quae aqua descendere non potest per eosdem illos meatus, per quos vapor ascendit, quia sunt nimis angusti: sed aliquando latiores vias invenit, in intervallis crustarum sine corticum, quibus tota exterior terra conflata est; quae viae ipsam oblique secundum vallium & camporum declivitatem deducunt. Atque ubi istae subterraneae aquarum viae in superficie montis, vel vallis, vel campi terminantur, ubi fontes scaturiunt: quorum rivi multi simul congregati, flumina componunt, & per decliviores exterioris terrae superficiei partes, in mare labuntur » (1).

E così pure lo stesso Guglielmini (1655-1710), scorgendo che la quantità di acqua evaporata supera quella caduta nel bacino imbrifero: che molte fontane non soffrono sensibili

(1) RENATI DES-CARTES, *Opera philosophica, Editio secunda ab auctore recognita. Principia philosophiae* [pag. 216-27 (errato 17)]. Amstelodami Apud Ludovicum Elzevirium, Anno MDCL.

alterazioni con il variar delle stagioni od almeno non in proporzione delle precipitazioni atmosferiche: che varie sorgenti scaturienti sulle cime di monti altissimi emettono tutto l'anno quantità di acqua assai maggiore di quella che non cada dal cielo nei luoghi più alti dei dintorni, e che da alcune fontane durante l'estate sgorga più acqua che non nei mesi piovosi ed invernali, quantunque persuaso che le precipitazioni contribuiscano molto a far aumentare le sorgenti, tuttavia aggiunge: « ma che l'acqua tutta de' fonti non riconosca altra origine che dal cielo, questo è quello che non pare s'accordi assai bene, nè colla ragione, nè colla esperienza, non solo per li motivi sopra addotti ma per altri molti che portano l'Erbinio nel suo libro eruditissimo *De Cataractis* ed il dottissimo sig. Bernardino Ramassini nel suo giudiciosissimo trattato *De fontium Mutiniensium admiranda scaturigine* » (1).

Lo scritto del Guglielmini è importante anche perchè passa in rivista le idee sulla circolazione sotterranea delle acque, prevalenti al suo tempo. Quelli che hanno pensato di derivar tale acqua dal mare, scrive, non si sono punto accordati nel modo di spiegarne l'ascesa sulle cime de' monti, ripugnando alla ragione ed al senso il creder che la superficie del mare sia più elevata di qualsivoglia altissimo monte. Riferisce poi che alcuni hanno ritenuta una circolazione perenne comandata da Dio, ma « per non crederla un perpetuo miracolo è d'uopo cercare la causa che la promuove e mantiene »: onde alcuni hanno ricorso ad una facoltà attrattiva della terra per cui le acque vengono tirate dal basso in alto, e ciò contrariamente a quanto succede nella natura; altri hanno posto in campo una « forza di pulsione » fatta da' flutti e « reciprocazione » delle acque sotterranee e dei venti racchiusi nelle caverne, nello stesso modo con cui si formano le fontane pneumatiche. Tutto ciò però al Guglielmini non sembra sufficiente a spiegare l'elevazione dell'acqua sulle più

(1) *Della Natura de' Fiumi*, trattato... del Dr. DOMENICO GUGLIELMINI con le annotazioni di EUSTACHIO MANFREDI [pag. 98]. Milano, MDCCCXXI. Dalla Società tipografica de' Classici italiani.

elevate prominenze dei rilievi terrestri. Perciò egli è d'avviso che l'opinione di Cartesio — che è poi quella riferita e confutata da Ristoro — sia la più probabile e la più prossima al vero, pur ritenendo che i ricettacoli più vicini alla superficie della terra possono altresì ricevere le acque di pioggia o quelle prodotte dallo squagliamento delle nevi, e quindi far crescere la portata della fonte.

Per non essere eccessivamente prolisso nelle citazioni dirò che bisogna giungere al Vallisneri (1661-1730) per veder rimesse a nuovo le conclusioni cui già addivennero Leon Battista Alberti e Leonardo da Vinci. Infatti il celebre naturalista di Trassilico, dichiarata anzitutto falsa tanto l'ipotesi rinnovellata da Cartesio, quanto quella che faceva derivare per filtrazione l'acqua delle fonti da quella del mare, « è certa sperienza » scrive « che le acque del mare non possono addolcirsi per feltrazione, il che attesta anche Lucantonio Porzio e ne promette un discorso colle sue prove... Volli anch'io coll'esperienza rendermi certo d'una cosa, che mi pareva impossibile, benchè l'avessi in molti autori gravissimi letta... laonde tentai far passare cento volte l'acqua salata per arene, per feltri, per ispugne, e per terre di varie maniere, ma riuscimmi sempre vana ogni fatica. Pensai infine di far lavorare da vasai, e cuocere nelle loro fornaci dodici grosse palle di terra, esattamente per ogni verso chiuse, e dentro cave, le quali immersi nell'acqua marina, rasente il fondo, ma nè meno mi sortì l'intento, conciossiacosachè rotte ad una ad una dopo alcuni mesi le palle, trovai in quale più ed in quale meno, penetrata l'acqua, che all'occhio appariva limpidissima, e pura, ma al gusto sempre salsa. Trovai inoltre molto sale candidissimo cristallizzato, e attaccato alle pareti interne delle palle » (1).

Tale fatto, aggiunge, è confermato pure dall'esperienza volgare: tutte le massaie che usano conservare cibi salati entro a

(1) *Dell'origine delle fontane, lezione accademica*, ecc. [in] *Opere fisico-mediche stampate e manoscritte* del Kavalier ANTONIO VALLISNERI, ecc., Tomo III [col. 12-13]. Venezia, MDCCXXXIII, Sebastiano Coleti.

vasi, sanno che, se l'interna superficie del recipiente non è ricoperta da un ottimo strato di vernice vetrosa, il sale passa attraverso le pareti ed all'esterno formando delle incrostazioni simili a quelle del nitro. Per di più è noto che in Venezia ed in altri luoghi vicini al lido, malgrado le precauzioni che si usano nella costruzione delle cisterne, penetra nulla di meno l'acqua del mare: ciò accade pure nei pozzi vicini alla spiaggia: quindi è necessario concludere: « co' moderni, che per qualsivoglia mezzo interposto, benchè di tessitura molto ristretta, purchè trapeli l'acqua comune, trapelerà ancor la salsa, nè perderà mai il suo sale » (1).

Richiamata quindi l'attenzione sulle esperienze fatte dai signori Perault, Mariotte, De La Hire sulle precipitazioni cadute in Parigi in un anno e sulla quantità d'acqua versata dai fiumi, conclude che le acque piovane e quelle provenienti dallo scioglimento delle nevi sono più che sufficienti a spiegare da sole l'origine delle fonti.

II.

Alcune volte l'acqua viene alla luce con speciali proprietà, fisico-chimiche, giacchè ora sgorga più o meno calda, ed ora invece più o meno e variamente mineralizzata, proprietà che essa acquista nella lunga peregrinazione attraverso il complicato sistema dei canali sotterranei. « Così » scrive Leonardo « di quà, di là, di su, di giù scorrendo, nulla quiete la riposa mai, non che nel suo corso, ma nella sua natura; nessuna cosa à da se, ma tutto piglia, e 'n tante varie nature si trasmuta, quanto son varî i lochi donde passa; facendo proprio come fa lo specchio, che tante similitudini in se piglia, quanto son le cose che dinanzi li passano; così questa sempre si varia,

(1) VALLISNERI, *Dell'origine*, ecc. (1733), col. 13 a.

quando di sito, e quando di colore, quando novi odori o sapori dentro a se include, quando nuove sustanzie o qualità ritiene, quando mortale o salutifera si pruova, alcuna volta coll'aria sì mista o da caldo in alto si lascia tirare... » (1).

Noto la concordanza di vedute con Ristoro, con Brunetto e con il Pontano.

Infatti secondo Ristoro d'Arezzo:

« l'acqua, passando entro per lo corpo della terra, riceve natura dalle contrade, là ond'ella passa. E imperciò troviamo di molte nature d'acqua: chè tale sente di zolfo, e tale d'alume ed è acetosa: e troviamo l'acqua delle fonti, e delli pozzi e delli rivi, e delli laghi e delli paduli, tale d'una guisa e tale d'un'altra. E anche si muta, secondo la contrada là ond'ella passa, e di colore, e di sapore, e di peso, e d'odore, e di grossezza e di mollezza, e anche 'n caldo e 'n freddo » (2).

E Brunetto:

« E sappiate che l'acqua muta sapore, colore, e qualitate seconda la natura della terra, onde ella corre » (3).

Ed il Pontano:

« Nec sapor aut color ullus aqs. fluvialibus: Ipse Tellure hos de matre trahunt.... » (4).

(1) Codice Atlantico, fol. 171 recto a (155).

I concetti sulla origine delle sorgenti minerali più sopra espressi, vengono pure dilucidati dal seguente passo:

« Come molte vene d'acqua salata si trovano fortemente distanti dal mare, e questo potrebbe accadere, perchè tal vena passasse per qualche miniera di sale come quella d'Ungheria, che si cava il sale, per le grandissime cave, come quasi cavano le pietre ».

Manoscritto *Leic.*, fol. 11 recto. — RICHTER, II, § 969.

(2) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 117.

(3) BRUNETTO LATINI, *Il Tesoro*, ecc. (1878), Vol. I, libro II, § XXXVI, pag. 318.

(4) JOANNIS JOVIANI PONTANI *Liber De Meteoris. Cum interpretatione Viti Amerbachij*. MDXXXIX. [Sul verso dell'ultimo foglio]: Argentorati, Apvd Cratonem Mylivm, Anno MDXXXIX [pag. 78].

*
**

Nei brani fino ad ora venuti in luce, Leonardo non dilucida le sue idee relative alla origine delle termali, ma da quanto egli scrive sulle fonti minerali, a me pare che non possono essere molto dissimili da quelle sostenute da Cecco d'Ascoli, da Ristoro e da Brunetto.

L'infelice pensatore ascolano a tal proposito dice:

" Perchè son calde e si feruente laque
che uegnion sotto terra dale uene
.
dico che disotto nele cauerne
per solfaro si fanno laque calde
si como per lodore ciaschun diserne „ (1).

Secondo il cosmografo d'Arezzo:

« passando l'acqua entro per lo corpo della terra tale trouva la miniera del fuoco, c'arde e passa entro per essa e appresso d'essa, sì che la riscalda: e tale più e tale meno, secondo la quantità del fuoco e dell'acqua. Ed esce fuori della terra, e tali che di queste acque calde fanno bagni... » (2).

Infine Brunetto:

« E quando egli siede nelle vene solforate, lo solfo iscalda e apprende di sì gran calore, che l'acqua che corre per quelle vene diventa calda come fuoco. E di ciò sono li bagni, che l'uomo trova in diverse terre » (3).

Di sorgenti termali Leonardo ricorda quelle di Bormio (4), già anticamente celebrate dall'eloquente e dotto segretario di

(1) CECCO D'ASCOLI, *Acerba* (1516), Libro IV, fol. 81 recto.

(2) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), libro I, cap. VII, pag. 117.

(3) BRUNETTO LATINI, *Il Tesoro*, ecc. (1877), Vol. II, libro II, cap. XXXVI, pag. 319.

(4) « A Bormio sono li bagni „ — Codice Atlantico, fol. 214 verso e.

Teodorico, Cassiodoro (465-575) (1), le quali, sia nel medio evo che poi, godettero di grande rinomanza, come appare dagli scritti di Pietro da Tossignano (2), di Pietro Paolo Paravicino (3) e da un rarissimo opuscolo di Gaspare Sermundi, impresso in Milano nel 1590 (4). Costui da pag. 24 alla 26^a della sua memoria decanta le mirabili proprietà di tali acque a guarire l'apoplessia, le paralisi, i catarri, i tumori, le malattie spinali e polmonari, quelle degli occhi, della gola, dei denti, della bocca, le forme asmatiche, i dolori di testa, e di ventre, la sterilità, le affezioni d'utero, le artriti, le ischialgie, ecc. ecc.

Questi bagni nel secolo XVI dovevano essere molto frequentati, giacchè il citato Sermundi, in un capitolo, il trentesimo, dal titolo *Qui populi ad haec balnea Burmiensia confluant*, dopo avere accennate le prodigiose guarigioni, scrive:

« Ob quos affectus non modo e Rhetis, Noricis, Sueuis, ac finitimis Italiae partibus, sed & e longiquis Europae regionibus vtriusq: sexus homines quamplurimi ad ea confluunt, & ab intimis potissimū Germaniae partibus, apud quos in maxima veneratione haec balnea semper extitere: atque ita, ut apud Batauos & Gotthos vsque de his balnaeis nunc etiam extet prouerbium, Balnea Burmiensia morbos omnes curare, vt Epi-

(1) AMORETTI CARLO, *Viaggio da Milano ai tre laghi Maggiore, di Lugano e di Como e ne' monti che li circondano*. Sesta edizione [pagg. 240-41]. Milano, per Giovanni Silvestri, MDCCCXXIV.

(2) PETRI DE TVSSIGNANO, *Liber de Balneis Burmi, in quo non solum aquarum vires & medicinae, sed earum quoque exhibendarum canones explicantur* [in] *De Balneis omnia quae extant apud Graecos, Latinos et Arabas* [fol. 193 v.-193 r.]. Venetiis, apud Juntas, MDLIII.

Questo scritto fu composto nel 1336.

(3) PETRI PAULI PARAVICINI, Nouocomensis medici, *de Masinèsium & Burmiensiu Thermaru situ, natura miraculisque* [in] "Op. cit." [fol. 194 v.-196 v.].

(4) GASPARIS SERMUNDI, | medici peritiss. | *De Balnearum Burmiensium | praestantia* | Ad sereniss. Ferdinandvm, | Avstriae Archidvcem. Mediolani. | Ex Typographia Pacifici Pontij MDXC. | Superiorum Permissu.

scopus Vspalensis in Gotthiae, & partium septentrionalium Geographia scriptum reliquit » (1).

III.

L'attenzione di Leonardo non solo si rivolse alle proprietà fisico-chimiche delle sorgenti, ma eziandio al loro regime ed a tal riguardo le classifica in perenni ed in temporanee, le prime delle quali giustamente ritiene indipendenti da variazioni meteoriche:

« Come in molti luoghi son vene d'acque remotissime dai mari, e crescono l'estate e diminuiscono il verno: e questo accade, perchè son vicine alle nevi, che l'estate si dissolvono in acqua.

« Come sono vene, che mai crescono, o diminuiscono di nessun tempo: e queste sono vene, come nell'uomo le vene dell'arteria » (2).

Alla prima di tali categorie riferisce la sorgente da cui sgorga il Fiumelatte: « A riscontro a Bellagio castello è il fiumelaccio, el quale cade da alto più che braccia 100, dalla vena donde nasce, a piombo nel lago, con inistimabile strepito e rumore. Questa vena versa solamente agosto e settembre » (3).

(1) G. SERMUNDI, *De Balneorum*, ecc. (1590), pag. 26.

Francesco Sforza, che sulla fine del 1461 si era ammalato di idropisia, guarito che fu, progettò per l'estate dell'anno seguente una gita a Bormio con la consorte Bianca. Decisa la partenza, fu mandato avanti Maffeo da Como, architetto ducale, per costruire un nuovo bagno " all'uso del duca », che venne compiuto nel mese di agosto. Ma poi la partenza della coppia ducale fu rimandata e non sappiamo per quale motivo sia stata poi definitivamente sospesa.

Cfr. E. MOTTA, *Francesco Sforza ed i Bagni di Bormio* [in] *Arch. Stor. Lombardo*. Anno VIII, pagg. 651-67. Milano, 1887.

(2) L. DA VINCI, *Della natura, moto e peso dell'acque* (manoscritto), fol. 44 verso.

(3) Codice Atlantico, fol. 214 recto e (117).

Paolo Giovio (1483-1552) nella sua descrizione del lago di Como, scrive che il « fiume Latteo a certi tempi nasce, et ad altri manca. Li monti di mezo spargano fuori con grande occulta spelonca, per uno canone simili a una gran fenestra spumoso, et per questo par latteo il fiume, crescendo la primavera; manca tuto poco inanzi l'invernata, tanto aride le caverne sotto terra che senza vestigio de humore, quello difficil letto elevato in alto, totalmente resti secco: desiderarono molti, con loro pericolo, con fune intrare per la bocca nella spelonca, per sapere dove ne procedesse il meraviglioso nascere, e mancare di quel fiume, ma intrando un pezo dentro il vento rebattuto per la bocca ha spento le faci. Dicano li pastori che in quello conglutinamento delle nascenti alpi, con gran coliseo tra li monti ritrovarsi una concava pianura, et pare, nella quale per li soli della primavera le neve liquefatte si ricevano come in una tazza col fondo poroso, et a poco a poco distillante le acque ricevute nella grande spelonca, e empiono subito certe occulte misure, donde poi spargendosi per le labri redondanti, e in un precipitoso momento di tempo cascando, si sparga la natura de l'acqua del fiume latteo..... » (1).

Secondo l'Amoretti più volte citato, il Fiumelatte proviene dal ghiacciaio di Moncodine, la più alta punta delle Grigne: esce egli da una caverna, per una specie di *salto di gatto*, alta circa mille piedi dal livello del lago, entro cui precipita quasi a picco; dalle sue acque spumeggianti ebbe appunto il nome dialettale di *Fiume Lacc*, o *Fiume laccio*, ossia di *Fiume latte*.

Riguardo alla periodicità del suo efflusso, nota l'Amoretti, che esso « comincia a sgorgare nel marzo, accresce le acque sue freddissime quanto più intenso è il caldo della state, e

(1) MONTI ANTONIO, *Il Lago di Como*, di Mons. Rev. GIOVIO, tradotto in lingua italiana per Vincenzo Becchi Sanese [in] *Periodico della Società Storica per la Provincia ed antica Diocesi di Como*, Vol. V [pag. 701]. Como, 1885.

sul finire dell'autunno inaridisce, e tace durante tutto l'inverno » (1).

Ciò in massima concorda con quanto à lasciato scritto Leonardo: nè delle lievi discrepanze ci dobbiam preoccupare, perchè il regime di tale sorgente è intimamente connesso con la quantità delle precipitazioni cadute nella stagione invernale e con l'intensità del calore di quella estiva. Così, per esempio, lo stesso Amoretti ricorda « che non diede acqua nella state del 1540, come riporta il Serra, anno in cui non ebbe l'inverno nè acqua, nè nevi, e la diede nell'inverno del 1796, in cui dirotte e continue furono le piogge » (2).

Su questo fenomeno Leonardo adduce, come abbiamo visto, una retta interpretazione, non essendosi lasciato traviare da concetti ilozoisti, come Seneca, che dà la seguente spiegazione:

« Quemadmodum quartana ad horam venit, quemadmodum podagra ad tempus respondet, quemadmodum purgatio, si nihil obsistit, statum diem servat, quemadmodum praesto est ad mensem suum partus: sic aquae intervalla habent, quibus se retrahant, et quibus reddant. Quaedam autem intervalla minora sunt, et ideo notabilia: quaedam maiora, nec minus certa » (3).

Invece dobbiamo rimarcare la notevole discrepanza fra i dati di Leonardo e quelli dell'Amoretti relativi all'altezza del salto: il primo lo dice di 100 braccia — che con probabilità sono milanesi (di m. 0,595) — ossia pari a circa 60 metri, mentre l'altro lo fa eguale a 1000 piedi, che se parigini (di m. 0,325), darebbero un'altezza di metri 33 circa, e se milanesi (m. 0,435) di 44. Ma, come altrove ò avuto occasione di dire, gli errori commessi da Leonardo, sono facilmente scusabili, date le difficoltà e la imperfezione dei sistemi inerenti alla misura delle altezze allora in uso.

(1) AMORETTI C., *Viaggio ai tre laghi* (1824), pag. 254.

(2) AMORETTI C., *Viaggio ai tre laghi* (1824), pag. 255.

(3) L. ANN. SENECAE *Nat. Quaest.*, libro III, § XVI.

*
* *

Il fenomeno della intermittenza d'efflusso che presentano certe sorgenti, non sfuggì allo acuto spirito d'osservazione di Leonardo, ed in due passi a me noti ricorda la celebre fonte Pliniana, che afferma ogni sei ore crescere e diminuire:

« Come in molti lochi si trovano vene d'acqua che sei ore crescono, e sei ore calano, e io per me n'ò veduto una in sul lago di Como, detta fonte Pliniana, la quale fa il predetto crescere e diminuire in modo che, quando versa, macina due mulini, e quando manca, cala sì ch'egli è come guardare l'acqua in un profondo pozzo » (1).

Uguale notizia dà Leonardo in un altro passo introducendovi lievi modificazioni:

« ... sopra Como, otto miglia è la Priniana, la quale cresce e discesce ogni 6 ore, e 'l suo crescere fa acqua per 2 mulina e n'avanza, e 'l suo calare fa asciugare la fonte più su 2 miglia... » (2).

Noto anzitutto che le otto miglia, se milanesi, ci condurrebbero ad ammettere fra la fonte Pliniana e Como una distanza di circa km. 14, mentre ora la via che segue le sponde del lago raggiunge solo gli otto: ma con ogni probabilità, come osserva l'Uzielli (3), ai tempi del Vinci si seguiva una strada entro terra, più tortuosa e quindi più lunga.

L'intervallo fra le singole variazioni pare abbia variato con il tempo. Secondo Plinio il Vecchio: « horis singulis semper intumescit ac residet ». Ai tempi di Plinio il Giovane non ad ogni ora ma « ter in die statis auctibus, & diminutionibus crescit, decrescitque... ». Il Ghezzi verso la metà del secolo XVII fece accurate osservazioni che presenta riunite in una tabella,

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 11 verso. — RICHTER, II, § 1029.

(2) Codice Atlantico, fol. 214 verso e.

(3) UZIELLI G., *Leonardo da Vinci e le Alpi* (1890), pag. 90 (2).

dalla quale appare « nulla in questa fonte farsi con legge e con periodo misurato... » (1). Il Frisi osservò pure che gli incrementi ed i decrementi non sono sottoposti a periodi nè in riguardo al tempo nè alla ampiezza loro, ma che presentano invece variazioni irregolari sì giornaliere che orarie. Infine il Testa « è certissimo che nulla v'ha di più capriccioso, di più incostante, di più sregolato delle escrescenze del fonte medesimo » (2), essendo tali variazioni ora abbondanti, ora scarsissime; mentre esse talvolta si susseguono con breve periodo, tal'altra invece avvengono ad intervalli sì lontani e radi che in ventiquattro ore non se ne può vedere nemmeno una: ora infine la durata è lunga ed ora brevissima: tali anomalie, aggiunge, si verificano in tutte le stagioni ed in tutti i tempi.

Mi sono dilungato forse un po' troppo in queste citazioni, ma mi preme mettere in evidenza che i dotti, i quali nel secolo XVII e nel susseguente ebbero occasione di studiare il regime della celeberrima fonte, trovarono oltremodo vari ed incostanti i periodi suoi. Quindi, quantunque non si possa, contrariamente a quello che afferma il Vinci, negare che Egli abbia visitata tale fontana, pur tuttavia a me pare che le notizie sulla regolarità e sulla durata delle sue variazioni siano state attinte, non ad osservazioni proprie, ma ad autorità classica, forse a quella dei Plinii, i quali sono i soli che affermano presentare variazioni regolari di efflusso. Degno infine di essere ricordato si è che al tempo di Leonardo l'acqua della Pliniana era adoperata per fare agire due molini.

Mentre Plinio discute lungamente sulla causa della periodicità della sorgente, Leonardo, almeno nei passi fino ad ora noti, punto si preoccupa di tale quesito, ma non è improbabile che i manoscritti tuttora inediti ci facciano conoscere il pensiero suo a tale riguardo.

(1) GHEZZI NICOLÒ, *Dell'origine delle fontane e dell'addolcimento dell'acqua marina*, lettere [pag. 277]. Napoli, MDCCXLII.

(2) *Lettera del sig. ab. DOMENICO TESTA... al P. D. Ermenegildo Pini*, ecc. [in] *Opuscoli scelti sulle scienze e sulle arti*, Tomo VIII [pag. 263]. Milano, 1785.

IV.

A Leonardo infine non sfuggirono certi fatti straordinari che sogliono avvenire talvolta nella idrografia sotterranea, quali l'inaridimento di alcune sorgenti, la venuta in luce di certe altre, ecc.: di tutto ciò egli cerca rendersi ragione, prendendo a guida le cognizioni acquisite.

« Come molte vene sono immediate venute al manco: e questo accade, per qualche rovina di spelonca inclusa nel corpo della terra, la quale chiude, e impedisce il transito alle pred.^e vene.

« Come molte vene son quelle che immediate sono nate, e son permanenti; e questo è accaduto, quando alcun fiume ha tanto pel suo lungo corso consumato del monte, che egli ha rotte alcune vene d'acqua, che di lì passavano, e ancora può accadere: come di sopra dissi della spelonca rovinata che chiuse una vena, la qual acqua può tanto esser alzata in d.^a spelonca, ch'ella è pervenuta all'altezza di qualche fessura di sasso, onde poi la preso la sua esalaz.^e, ed ha fatto nuovo fiume » (1).

(1) L. DA VINCI, *Della natura, moto e peso dell'acque* (manoscritto), fol. 45 recto.





CAPITOLO X.

Le acque correnti.

I fiumi ed i torrenti. — Un giudizio di G. Bidone e di E. Lombardini sugli studi idraulici del Vinci. — Il grande trattato leonardiano e la raccolta di L. M. Arconati. — L'origine dei fiumi. — Distribuzione della velocità di una corrente. — Effetti trasformatori. — Instabilità del corso di un fiume. — Trasporto dei materiali fluitati; evoluzione nella forma e dimensioni loro. — Le colmate.

L'ACQUA che cade al suolo sotto forma di pioggia e di neve, l'acqua che scorre raccolta in fiumi (1), ed in torrenti (2), costituisce il più potente fra gli agenti degradatori, che cospirano alla trasformazione dei paesaggi terrestri, compiendo essa un lavoro immenso di distruzione e di riedificazione.

Sul corso dei fiumi, sulle leggi della idraulica Leonardo à portato uno dei più grandi ed indiscutibili contributi: Giorgio Bidone, autorità non certo sospetta, chiama gli studi e le ri-

(1) " Fiume è quello che possiede il sito della più bassa parte delle valli, e corre continuamente „ — Manoscritto I., fol. 72 verso, e *Del moto e misura dell'acqua* (1826), libro I, cap. I.

(2) " Torrente è quello che corre solo per le piogge, ed ancora lui si riduce nelle bassezze delle valli, e s'accompagna co' fiumi „ — Manoscritto I., fol. 72 verso, e *Del moto e misura dell'acqua* (1826), libro I, cap. I.

" Torrente, [i] fiumi che se[c]cano la state „

Codice Trivulziano, fol. 12 r. (23). — L. BELTRAMI, *Il Codice Trivulziano*, ecc. (1891), Tav. 19.

cerche su tali materie fatte da Leonardo uno dei più bei monumenti del genio del suo Autore, e chiaramente dimostra come le considerazioni sulla forma e sulla direzione delle correnti nei canali siano esattissime e vere tuttora, chè conformi ai principî della fisica e della meccanica.

« Pour ce qui regarde la forme de la surface et la direction des courans contenus dans des canaux » scrive il Bidone « je ne dois pas omettre de faire mention d'un manuscrit inédit très remarquable, imprimé et publié tout récemment (en 1828) à Bologne, intitulé *Del moto e della misura dell'acqua*, di Leonardo da Vinci..... Ce manuscrit, rapporté au temps où il a été composé (en 1500 ou environ) sera sans doute regardé par les savans comme un des plus beaux monumens du génie de son auteur, déjà si célèbre à tant de titres. Si cet ouvrage avait été publié à l'époque où il a été écrit, il aurait incontestablement hâté les progrès de l'Hydraulique. La partie descriptive de la forme et de la direction que les courans contenus dans des canaux prennent selon les différens cas, est d'une telle exactitude et d'une telle vérité, qu'elle ne laisse rien à désirer: elle porte l'empreinte de son auteur, exercé à bien saisir et à bien représenter les objets sur lesquels il fixait son attention. Mais ce n'est pas là le seul mérite de cet ouvrage. Les explications qu'on y donne de ces formes et de ces directions sont en général justes et conformes aux principes de la mécanique, ou elles le deviennent avec de légères modifications. Il y a plus encore: ces formes et ces directions n'y sont pas considérées d'une manière uniquement abstraite et stérile, mais on les examine par rapport aux effets qu'elles produisent sur le fond et contre les parois du canal, et par là on fait voir dans quels cas et dans quels endroits se forment les tournans d'eau, les affouillemens, les attérissemens et les corrosions: phénomènes qui tous dépendent, et sont une conséquence nécessaire de la forme et de la direction du courant » (1).

(1) *Expériences sur la forme et sur la direction des veines et des courans d'eau lancés par diverses ouvertures*, par GEORGE BIDONE [in]

In addietro della scienza idraulica fu riguardato come creatore il Castelli; e ciò a torto: un secolo prima Leonardo — osserva il Venturi (1) — aveva, forse anche con superiorità, espresse le stessi leggi: anzi il Lombardini (2) è proclive ad ammettere che al Castelli non sieno state del tutto ignote le carte vinciane.

Per giudicare e per poter apprezzare nella giusta sua luce la vastità della concezione leonardiana in un dato ramo dello scibile, è necessario — come ò già detto — aver sotto gli occhi e poter esaminare al lume della critica gli interi manoscritti: ora tanto il Bidone quanto il Lombardini, i quali nei loro scritti misero in chiara luce l'importanza delle osservazioni e la veridicità dei principî fondamentali enunciati da Leonardo in materia di acque, non ebbero nemmeno agio a compulsare l'intera opera relativa a tal genere di ricerche compiuta dal nostro Grande, ma solo la raccolta che il milanese Luigi Maria Arconati, domenicano, aveva compiuta nel 1643, scegliendo dai varî codici ed ordinando in nove libri, diversi pensieri relativi alla idraulica, raccolta che venne poscia da Francesco Cardinali nel 1826 pubblicata sotto il titolo: « *Del moto e misura dell'acqua* », della quale presento il relativo indice:

- Libro I. Della sfera dell'acqua.
- » II. Del moto dell'acqua.
 - » III. Dell'onda dell'acqua.
 - » IV. Dei retrosi dell'acqua.
 - » V. Dell'acqua cadente.
 - » VI. Delle rotture fatte dall'acqua.
 - » VII. Delle cose portate dall'acqua.
 - » VIII. Dell'oncia dell'acqua e delle canne.
 - » IX. De' molini, ed altri ordigni d'acqua.

Memorie della Reale Accademia delle Scienze di Torino, Tomo XXXIV [pagg. 229-387]. Torino, dalla Stamperia Reale, MDCCCXXX. — Cfr. pagg. 234-35.

(1) VENTURI J. B., *Essai*, ecc. (1797), pag. 5.

(2) *Dell'origine e del progresso della scienza idraulica nel Milanese*

Tale opera è tutt'altro che organica ed ordinata conformemente al piano prestabilito dal suo Autore, fra i cui manoscritti troviamo appunto un brano « *Cominciamento del trattato dell'acqua* », altrove da noi riprodotto (1), che doveva appunto costituire la introduzione del grande trattato di cui spesso parla il Vinci nelle sue annotazioni e del quale pure aveva tracciato un vero indice sintetico, come si vede dal seguente passo:

« *Division del libro:*

- Libro 1° Dell'acqua in se.
 » 2° del mare.
 » 3° delle vene.
 » 4° de' fiumi.
 » 5° delle nature de' fondi.
 » 6° delli obbietti.
 » 7° delle ghiaje.
 » 8° della superfizie dell'acqua.
 » 9° delle cose che su quella son messe.
 » 10° de' ripari de' fiumi.
 » 11° delli condotti.
 » 12° de' canali.
 » 13° delli strumenti volti dall'acqua.
 » 14° del far montar l'acque.
 » 15° delle cose consumate dall'acqua » (2).

Infine alcuni altri appunti contengono diversi indici assai particolareggiati, che, molto probabilmente, costituivano i

ed in altre parti d'Italia. Osservazioni storico-critiche di ELIA LOMBARDINI, concernenti principalmente i lavori di Leonardo da Vinci, di Benedetto Castelli e di Giandomenico Guglielmini [in] Memorie del R. Istituto Lombardo di sc., lett. ed arti, Vol. VIII, II della serie II [pagg. 211-263]. Milano, 1862.

(1) Manoscritto *A.*, fol. 55 verso. — Vedi pag. 76.

Nel manoscritto *I.*, fol. 72 verso, si à una annotazione dal titolo: « Principio del libro delle acque », che riguarda la definizione del mare, a suo luogo qui riprodotta: tale appunto doveva, con ogni probabilità, costituire il principio del secondo libro del trattato in discorso.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 15 verso. — RICHTER, II, § 920.

sommari speciali di ogni singola parte in cui Egli voleva dividere il trattato stesso.

*
**

Io non posso qui intrattenermi su le principali questioni riguardanti i fiumi, da Leonardo sollevate, discusse e risolte: esse più che alla geografia fisica appartengono alla idraulica (1).

(1) Le cose più notevoli riguardanti l'idraulica, contenute nel trattato, e non accennate nel presente lavoro, sono le seguenti:

L'accelerazione delle acque per effetto della gravità, e loro rallentamento per le resistenze dell'alveo (libro II, §§ 21-22, 31), quindi principio del moto equabile. Velocità maggiore con la maggior pendenza (II, 26, 53-54). Modificazioni di velocità cagionate dai venti (II, 38). Principio del moto permanente delle acque ne' fiumi; velocità in ragione reciproca della superficie delle sezioni (II, 50-52; dottrine maggiormente sviluppate nel libro VIII). A pari larghezza e pendenza, maggior velocità nel fiume più profondo, in causa della minor resistenza del letto (II, 58). A pari pendenza e profondità, la portata proporzionale alla larghezza degli alvei (II, 66). Influenza della tortuosità ad allentare il corso de' fiumi (II, 82). Moti trasversali in acque magre che scompaiono nelle piene (VI, 19, 26). Forza escavatrice che si accresce col restringere la sezione del fiume (VI, 46). Difese delle sponde dalle corrosioni mediante gabbioni formati di fascine e ghiaia (VI, 58). Efflussi proporzionali di peso della colonna premente, ossia alla sua altezza (VIII, 17) e per lo stesso principio velocità negli alvei proporzionali alle altezze delle correnti (VIII, 19, 21). Efflussi delle bocche proporzionate all'altezza del battente (VIII, 25). Principio ed una dimostrazione del moto permanente delle acque (VIII, 39-41). Descrizioni di mulini e di altri apparecchi idraulici (IX).

Aggiungo che mentre alla maggior parte delle persone sono ignoti i grandi meriti e la grande importanza delle ricerche fatte da Leonardo, a lui viene attribuita la paternità di invenzioni, che Egli non-à mai sognato di chiamar sue. A questo proposito mi limiterò a citare le *conche*. Dall'esame dei documenti storici il Lombardini à concluso che "Milano aveva costruito 90 chilometri di canali navigabili, con ben 25 conche, dal 1439 al 1475, sei anni avanti che i fratelli di Viterbo costruissero la conca sull'unione del Piovego col Brenta sotto Padova, conca stata indietro considerata erroneamente siccome la

Mi limiterò ad accennare che sull'origine dei fiumi il pensiero suo è passato attraverso a due fasi bene fra loro distinte (1): nella prima, tratto in inganno dal paragone fra la terra ed il corpo degli animali, scrive che sarebbe erroneo il ritenere che essi abbiano nascita dalle piogge e dalle nevi sciolte: « e se tu volessi dire, le piove, il verno o la risoluzione della neve l'estate essere causa del nascimento de' fiumi, e' si ti potrebbe allegare li fiumi, che àno origine ne' paesi focusi dell'Africa, nella quale non piove e meno nevica, perchè il superchio caldo sempre risolve in aria [vapori] tutti li nuvoli, che da venti in là son sospinti; e se tu dicessi che tali fiumi, che vengono grossi il Luglio e 'l Agosto, son delle nevi che si risolvono il Maggio e 'l Giugno per l'appressamento del sole alle nevi delle montagne di Scizia, e che tali risoluzioni si riducono in certe valli e fanno laghi, dove poi en-

prima », (*). Anzi « la bella descrizione di esse [conche] che ci ha lasciato Leon Battista Alberti nella sua *Architettura*, dedicata l'anno 1452 al pontefice Nicolò V, è sicuramente ricavata dall'esame delle conche inventate e costrutte dodici anni innanzi sui Navigli di Milano », (**).

Infine lo stesso Lombardini da un accurato studio dei disegni relativi alle conche, sparsi nei manoscritti vinciani, conclude che alcuni rappresentano i metodi imperfetti anteriormente seguiti pel chiudimento delle conche descritti dall'Alberti; i tentativi fatti da Leonardo per migliorare taluno di essi; e finalmente in altri si scorge « il mirabile suo concetto delle porte accoppiate ad angolo, col quale, introdottavi la ventola a braccia diseguali siccome accessorio utilissimo, oltre a rendersi agevole la manovra, libero e più ampio il varco, si risolve nel modo più completo il problema statico », (***) .

(1) Le idee leonardiane su questo argomento dovevan essere raccolte in una speciale parte del trattato, il cui titolo: « Libro dell'origine de' fiumi che versan per l'alte cime de' monti », ci è conservato in un indice esplicativo contenuto nel fol. 122 recto del manoscritto *Br. M.* (Cfr. RICHTER, II, § 927).

(*) LOMBARDINI E., *Dell'origine e del progresso*, ecc. (1862), pag. 223.

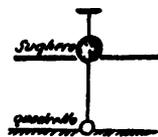
(**) *Id.*, *ivi*, pag. 228.

(***) *Id.*, *ivi*, pag. 229.

trano per le vene e cave sotterane, le quali riescono poi all'origine del Nilo, questo è falso, inperochè è più bassa la Scizia che l'origine del Nilo, conciosiachè la Scizia è presso al mare di Ponto a 400 miglia, e l'origine del Nilo è remoto 3000 miglia dal mare d'Egitto, ove versan le sue acque » (1).

Nella seconda fase invece per Leonardo — avendo Egli giustamente, come abbiamo già visto, interpretata l'origine delle fonti — « l'acqua delli fiumi non dal mare ma dalli nuvoli à origine » (2).

Fra le ricerche relative ai fiumi intraprese dal Vinci dobbiamo in prima linea ricordare quelle che riguardano la velocità con cui si muove l'acqua, fattore non al certo trascurabile, anzi, di tale importanza nella economia tellurica da meritare uno speciale svolgimento in apposito capitolo del *Trattato* con il titolo « Delle varie velocità de' corsi dalla superficie del[l]'acqua al fondo » (3) che si legge in uno dei molti indici sistematici fatti da Leonardo stesso, ed al quale dovevano al certo appartenere le esperienze e deduzioni seguenti:



« Pruova se l'acqua corre più di sotto che di sopra » (4) trovasi scritto sotto al disegno qui unito e riprodotto pure nel *Trattato* con la seguente annotazione esplicativa: « di una bacchetta che sia di sopra infilata in baga, e di sotto in sasso,

quella parte che avanza di sopra alla baga, se penderà in verso all'avvenimento dell'acqua, correrà l'acqua più in fondo che di sopra; e se detta bacchetta penderà inverso il fuggimento dell'acqua, correrà il fiume più di sopra che di sotto; e se resta dritta la bacchetta, il corso sarà di pari velocità di sotto e di sopra » (5).

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 33 verso. — RICHTER, II, § 970.

(2) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

(3) Manoscritto *F.*, fol. 23 verso.

(4) Manoscritto *A.*, fol. 42 verso.

(5) DA VINCI L., *Del moto e misura*, ecc. (1826), Libro II, cap. XLII, pag. 306.

Altrove indica un altro mezzo per raggiungere lo stesso scopo:

« Se voli vedere dove [in] alcun loco la superfizie, e in alcun loco il mezzo o 'l fondo dell'acque son più veloci, gitta l'acqua tinta co' sanopia [(1)], insieme coll'olio, sopra la piccola acqua corrente per fondo globoso, e di varie obliquità, e vedrai al fidel corso chi prima giugne; cioè se giugne prima l'olio, l'acqua corre più di sopra che di sotto, se giugne prima l'acqua tinta, certo il fiume corre più in mezzo che di sopra e così di sotto » (2).

Forse con le esperienze fatte con i metodi dianzi accennati potè Leonardo stabilire l'azione che gli attriti esercitano sulle acque correnti: per tale causa, come tutti sappiamo, la velocità dell'acqua nei fiumi è massima nel mezzo del filone e minima sul fondo e verso le pareti:

« L'acqua di equal profondità, larghezza e obliquità, quella è più veloce ch'è più vicina alla superfizie; e questo accade perchè l'acqua di sopra confina coll'aria, ch'è di poca resistenza, per essere più lieve che l'acqua, e l'acqua di sotto confina colla terra, che è di gran resistenza, per essere immobile e più grieva che l'acqua. Seguita che la parte ch'è più distante a esso fondo e men resistenza che quella di sopra, la quale confina coll'aria, che è lieve e mobile » (3).

Principio che venne tosto da Leonardo applicato alle regole di costruzione dei ponti mobili sopra i fiumi:

(1) *Sanopia*, o meglio *sinopia* o *senopia* è una "spezie di terra di color rosso detta anche cinabrese" (FANFANI).

(2) Codice Atlantico, fol. 266 verso.

Questo passo costituisce il cap. XLIII del Libro II del trattato *Del moto*, ecc. (1826), ove presenta alcune varianti, fra le quali noto la ommissione della parola "sanopia".

(3) Codice Atlantico, fol. 124 recto a.

Identico concetto trovasi pure espresso in altri passi, fra cui:

"Cor[r]ono i fiumi quando si [son] diretti con molto mag[g]iore inpeto nel mez[z]o della sua larg[h]ez[z]a che non fanno ne loro lati". — Manoscritto I., fol. 106 recto.

"Nel mez[z]o de' diretti canali corre più velocemente l'acqua che da lati". — Manoscritto H., fol. 84 verso.

« Perchè ogni corso di fiume è più veloce nel mezzo della sua larghezza che ne' lati, e più corre nella superficie che nel fondo, essendo d'equal corso, il ponte mobile, fatto sopra delle barche, per sè è più debole nel mezzo della sua lunghezza che 'n verso li stremi; onde conchiudo, che essendo accompagnato la maggior debolezza del ponte colla maggior percussione dell'acqua, che esso ponte si romperà in mezzo » (1).

*
**

Gli effetti degradatori delle acque correnti furono da Leonardo concepiti e limpidamente sintetizzati nella frase « li monti son disfacti dalle piogge e dalli fiumi » (2), che ripetutamente trovasi riportata nelle sue note manoscritte. Parlando della orogenesi e della trasformazione dei paesaggi terrestri, diffusamente tratteremo questo argomento, di capitale importanza nel sistema geologico di Leonardo, cui aveva dedicato parecchi capitoli del grande suo trattato, come si vede dal seguente stralcio di un lungo sommario d'argomenti:

.....
 « Come li fiumi àn segato li monti e sgorgati li laghi.
 « Del consumamento de' monti percossi dal corso de' fiumi.
 « Delle ruine de' monti scalzati dai corsi d'acqua.
 « Differenzia del corso e del consumamento che fanno li fiumi, che corran per le strette valli, a quelli che per le gran pianure s'astendono » (3).

*
**

Il letto di un fiume o di un torrente, come tutti sanno, e come egregiamente osservò Leonardo, « muta al continuo sito,

(1) Codice Atlantico, fol. 176 recto c.

(2) *Ivi*, fol. 160 verso a.

(3) *Ivi*, fol. 74 recto a (59 e 58).

lasciando il corso da quel loco, dov'egli ha scaricato più materia, la qual materia rodendo e levando le giarrose argini insino a tanto, che portata via tutta la già lasciata materia, riacquista l'antico suo letto, del quale non si parte, insino a tanto, che altro simile accidente lo remove del predetto sito » (1).

Osservazioni in gran parte esatte: l'azione meccanica esercitata sulle pareti e sul fondo dipende dalla quantità e dalla velocità con cui si muove l'acqua. La resistenza opposta dal fondo e dalle pareti è oltremodo variabile sia durante il tempo, sia lungo i varî punti di percorso, a cagione della natura e della conformazione del terreno interessato e per la ineguale distribuzione dei materiali fluitati: di qui nasce che l'asse del fiume o del torrente è soggetto a serpeggiamenti più o meno accentuati e stabili. Tutte queste osservazioni Leonardo deve aver svolte ed ebbe in animo di consegnarle poi in una speciale parte del grande trattato, più volte nelle pagine precedenti menzionato, dal titolo: *Libro delle torture e piegamento delle correnti de' fiumi* (2), al quale appartengono al certo le due seguenti annotazioni:

« *Perchè i fiumi mutano loco e spesso levano e po[n]gano in diversi lochi.*

« Il movimento dell'acqua senpre attende a consumare il suo sostegno: e quella parte ch'è più tenera li fa men resistenza, e partesi del suo loco lasciando diverse concavità, do[ve] l'acqua, ragirandosi con varî retrosi, consuma e cava al[l]argando detta vacuità, e, percotendo nelle nuove argini, risalta percotendo nelle rive, consumando e rodendo con ruine dell'oposizione, muta corso per mezzo delle ruine, accompagnando con ess[i] corsi la te[r]ra più lieve, la quale poi scarica ne' lochi più quieti; alzando i fondi, diminuisce la quantità e la forza dell'acqua, mandando il suo furore dall'oposita parte: e se truova ripa, quella rode e scalza i suoi fondamenti, finchè co[n] gran ruine scuopre i novi terreni; e

(1) *Trattato della Pittura* (1882), Vol. II, § 805.

(2) *Manoscritto Br. M.*, fol. 45 verso. — RICHTER, II, § 928.

se truova pianura, quella occupa, e levando e cavando si fa novo letto; e se truova i sotterati sassi, quelli scopre e po[i] discalza, i quali spesse volte per la loro grandezza fanno resistenza al[l]'inpetuoso corso, il quale, ripercosso ne' contrastanti sassi, rinbalza in óp[p]osita parte, dironpendo e danificando l'opposite rive » (1).

« Li gomiti fatti dall' argini de' fiumi sono annullati nelle grande inondazioni de' fiumi, perchè il corso massimo spigne l'acqua con retto corso: ma nel diminuire ripiglia il corso serpeggiante, il quale si va refrectendo dall'una riva all'altra, e questa diminuzion dell'acqua concava l'argine de' fiumi. Ma in questa profondità diminuita l'acqua non à moto d'equal corso, perchè la maggior corrente salta dall'una concavità all'altra delle rive opposte, e li lati dell'acqua, che confinano coll'argine, son di brevissimo corso » (2).

*
**

Il trasporto dei materiali fluitati è dovuto alla forza dell'acqua: la velocità di questa va scemando dall'origine alla foce de' fiumi: perciò, tenuto in debito calcolo la natura delle rocce, dovremo notare nella forma e nel volume dei detti materiali una progressiva successione. Infatti questi nella parte superiore del corso sono più grossi ed àno gli spigoli acuti; di mano in mano che ci allontaniamo dalla origine i materiali vanno sempre facendosi più piccoli e per il lavorio di sbattimento, di rotolamento, di fratturazione, ecc., assumono forme maggiormente tondeggianti, fino a che, nell'ultima parte del corso, si riducono in minuti detriti, in fine arena.

(1) Manoscritto *A.*, fol. 59 recto.

Questo passo, con lievi varianti, costituisce il cap. XVIII del Libro VI del trattato *Del moto*, ecc. (1826) [pag. 381].

(2) Codice Atlantico, fol. 185 recto *b* (242).

Questo passo, con lievi varianti di forma, costituisce il cap. XXVI del Libro VI del trattato *Del moto*, ecc. (1826) [pag. 384], ove trovansi altre analoghe proposizioni.

Tali concetti si trovano succintamente espressi in queste proposizioni:

« Le ghiare sono create dal corso de' fiumi e al fine consumate.

« Le ghiare sono tanto [mi]nori, quanto el fiume che le genera si avvicina al mare.

« El sasso è tanto più duro, quanto elli è più remoto dalla sua basa.

« La confregazione de' sassi l'un coll' altro nelli corsi facti dalli fiumi consumano li angoli delle pietre (1).

« Le acque portatrici di sottile e insensibile turbolenxia gieneran pietra dal lato dove si ritardano (2).

« L'arena è ghiara minutissima » (3);

e più diffusamente:

« Il fiume che esce de' monti pone gran quantità di sassi grossi in nel suo ghiareto, i quali fatti sono ancora con parte de' sua angoli e lati, e nel processo del corso conduce pietre minori con angoli più consumati, cioè le gran pietre fa minori; e più oltre pon ghiaia grossa, e poi minuta; e seguita rena grossa, e poi minuta; dipoi procede litta grossa, e poi più sottile, e così seguendo giugne al mare l'acqua turba di rena e di litta; la rena scarica sopra de' liti marini per il rigurgitamento dell'onde salse, e segue la litta di tanta sottilità che par di natura d'acqua, la qual non si ferma sopra de' marin liti, ma ritorna indietro coll'acqua per la sua levità, perch'è nata di foglie marcie e d'altre cose levissime, si che, essendo quasi, com'è detto, di natura d'acqua, essa poi in tempo di bonaccia si scarica e si ferma sopra del fondo del mare, ove per la sua sottilità si condensa e resiste al-

(1) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

Le proposizioni citate sono pure riprodotte nel cap. I del Libro I del trattato *Del moto e misura dell'acqua* (1826), a pag. 274.

(2) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

(3) L. DA VINCI, *Del moto e misura dell'acqua* (1826), Libro I, cap. I, pag. 274.

l'onde che sopra vi passano per la sua lubricità, e qui stanno i nichì e quest'è terra bianca da far boccali » (1).

Qui abbiamo pure chiaramente accennata la formazione dei rilievi subacquei dei quali dirò in appresso. Ma noto che simili idee, costituivano un patrimonio già acquisito alla scienza fino dai tempi di Aristotele e di Strabone; forse a fonte classica le attinse anche Leon Battista Alberti, osservando che: « noi nondimeno veggiamo che alle foci de' fiumi per tutto i liti crescono assai, e massime se quei fiumi sono di quelli che corrino per campagne sciolte, ne' quali mettono molti altri fiumi. Perciocchè e' ragunano e gettano in su le fodi al lito del mare di qua e di là assai rena, ed assai sassi come quasi un argine, e fanno il lito più addentro verso il mare: il che dimostra che così è lo Istro ed il Fasso de Colchi, e molti altri, massime il Nilo » (2).

*
*
*

Infine accennerò brevemente come Leonardo, il quale giustamente opinava che la pratica dovesse essere una razionale applicazione dei principj teorici — anzi a proposito di studj relativi all'idraulica scriveva: « quando tu metti insieme la scienza de' moti dell'acqua, ricordati di mettere di sotto a ciascuna proposizione li sua giovamenti, acciocchè tale scienza non sia inutile » (3) — ben conoscendo la quantità enorme di sostanze trasportate dall'acqua, abbia pensato di utilizzarle per le colmate, affine di bonificare (ed in Italia ve n'era, ed àvvi tuttodì supremo bisogno) i terreni paludosi per renderli fertili e salubri. Ciò doveva formare un capitolo del grande

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 6 verso. — RICHTER, II, § 977.

Analogo concetto trovasi pure espresso nel *Trattato della Pittura* (1882), § 804: « [le acque furiose] removano..... li grandissimi sassi, quelli rottolando per lungo spazio, in fin che gli han condotti in minuta giara, et a l'ultimo in sotil litta (Vol. II, pag. 210).

(2) L. B. ALBERTI, *Architettura* (1833), libro X, cap. XII, pag. 377.

(3) Manoscritto *F.*, fol. 2 verso.

trattato vinciano, il cui titolo: *Da scacciare paludi col farvi portar terren dalle acque* (1) trovasi appunto registrato in uno speciale sommario degli argomenti. A tal capitolo, con probabilità, appartengono le seguenti annotazioni:

« *De[ll]o acterramento de' paduli* (2):

« Lo acterramento de' paduli saran facti quando in essi paduli fien condotti li fiumi torbidi. — Questo si prova perchè dove il fiume corre, di lì leva il terreno, e dove si ritarda qui lascia la sua turbolenzia, e per questo è perchè ne' fiumi mai l'acqua si ritarda come ne' paduli, nelli [q]uali l'acque son di moto insensibile. Ma in essi paduli il fiume debbe entrare per isterto (3) loco, basso e stricto e uscire per ispazio largho e di poca profondità; e questo è neciessario perchè l'acqua corrente del fiume è più grossa e terrestre (4) di sotto che di sopra e l'acqua tarda de' paduli ancora è il simile, ma molto è differente la levità superiore delle paduli alla gravità sua inferiore che non è nelle correnti de fiumi, nelli quali la levità superiore poco si varia dalla gravità inferiore. Adunque è concluso che il padule s'atterrerà perchè di sotto ricieve (5) acqua turba e di sopra sgonbra (6) acqua chiara dall'opposita parte d'esso palude, e per questo tal padule per neciessità alzerà il suo fondo mediante il terren che sopra di lui al continuo si scarica ».

« *Come coll'acque correnti si debbe condurre il terren[o] de' monti nelle valli padulosi, e farle fertili e sanare l'aria circustante:*

(1) Codice Atlantico, fol. 74 recto a.

(2) Manoscritto E., fol. 5 recto.

Questo passo è stato per la prima volta pubblicato dal LIBRI nella sua *Histoire des sciences mathématiques en Italie*, ecc. Paris (1840), Vol. II, pag. 219, con qualche variante, le più importanti delle quali sono in appresso annotate.

(3) LIBRI legge: *istorto*.

(4) LIBRI: *di terrestri*.

(5) LIBRI: *riviene*.

(6) LIBRI: *sgorga*.

« La ramificazioni de' canali che per alti colli saran per natural corso condotti, son quelle che colle loro mutazione portano li terreni d'essi colli alli bassi paduli, e quelli riempiono di terreno, e li fanno fertili. *A* sia il fiume maestro, che s'impadula in *bfsi*; sia dunque tirato il canale per



l'altezza de' colli *Acn*, e di quello sia[no] lasciati cadere diversi rami, e dove tutto insieme mutandolo in diversi lochi e così le sue ruine diriperanno il terreno, e dopo il lor corso lo scaricheranno nel basso padule, e così potrai tanto mutare la caduta di tutto il canale dovizioso d'acqua, che tu avra[i] ragguagliato il terreno, scoperto poi di tali paduli » (1).

« Sotto la corrente s'alzera il fondo quando d'essa corrente il corso more in fra l'acqua morta.

« Come se 'l fiume *af* versassi nel pelago morto *fnmb*, che per la 6^a del 9^o (dove manca il corso dell'acqua quivi rimane c[i]ò che l'acqua condusse) adunque la materia portata dal corso *af* fia rilasciata in *fb*.



« [Sotto la figura].

« g[i]ovamento d'atterrare e riempiere un palude e purgare l'aria e fare terren lav[o]rativo » (2).

Per essere giusti non bisogna credere che Leonardo sia stato il primo che abbia suggerito di trar profitto per le benefiche dei mezzi stessi che ci offre la natura. Tale sistema era già in uso in Toscana fino dal secolo XII come ce lo attestano documenti di valore irrefragabile: Giovanni Targioni Tozzetti ricorda le colmate che fin dall'anno 1161 si face-

(1) Manoscritto *F.*, fol. 14 recto.

Questo paragrafo costituisce il cap. LXIII del libro VI del trattato *Del moto e misura delle acque*, con qualche variante, specie nelle lettere di richiamo della figura.

(2) Manoscritto *F.*, fol. 17 verso.

vano nella pianura pisana con le torbe dell'Arno (1) e Tolomeo da Lucca riferisce nei suoi annali all'anno 1181 che, ritenendo i lucchesi gravi danni per il rialzamento del Palude, posero in opera tutti i mezzi possibili per salvare i loro terreni dalle inondazioni, facendo delle colmate con le torbide della Pescia:

« Eodem anno [1181] invenitur collactio facta Lucensi Comuni de terris relictis a palude de Lavano, & de Guisciana, & terrae colmate ab aqua Pisciae, & Cerbaria, & Palude Sexti; & quod totum lucrum ad Lucense Commune pertinet » (2).

Medesimamente Leon Battista Alberti accenna a tale uso, scrivendo che se si vuole che in un luogo paludoso cresca una selva, bisogna arare profondamente il terreno, togliervi i cespugli e piantarvi delle roveri, le cui radici succhiano l'eccessivo umore: per l'accumulamento dei rami e delle foglie il terreno andrà sempre più sollevandosi di livello e così pure « se tu annaffierai ancora con acque torbide perchè le vi si fermino, farai una crosta all'altre acque che vi son sotto » (3).

Dato ciò, possiamo dire che l'uso delle colmate era noto in Toscana, dalla quale regione il trasse Leonardo, il quale per primo le à esattamente descritte ed à mostrato il modo con cui si debbano razionalmente eseguire.

(1) *Ragionamento del Dottor GIOVANNI TARGIONI TOZZETTI sopra le cause, e sopra i rimedj dell'insalubrità d'aria della Valdinevole*. Tomo I [pag. 57]. In Firenze, MDCCLXI. Nella stamperia imperiale.

(2) PTOLOMAE LUCENSIS *Breves Annales ab anno MLXI ad annum MCCCIII* [in] MURATORI, *Rer. Ital. Script.*, Vol. XI, col. 1273. Mediolani, MDCCXXVII.

(3) L. B. ALBERTI, *Architettura* (1833), libro X, cap. IX, pag. 369.





CAPITOLO XI.

I Laghi.

Origine dei bacini lacustri secondo Leonardo. — I laghi di sbarramento; i laghi di Alleghe, di Antrona, di Borta, del Frignano. — Evoluzione di tali bacini. — Una grande catastrofe tellurica nel 1513. — Il lago di Fiesole, quelli del Tigri e delle Apuane?; il lago della Sibilla, i Niliaci ed i Briantei. — Le comunicazioni per via acqua fra Como e Milano.

I.

SECONDO Leonardo « lago è quello, dove l'acqua de' fiumi pigliano gran larghezza » (1): la formazione dei bacini lacustri è dal Vinci esclusivamente attribuita allo sbarramento del letto di un fiume, occlusione causata da enorme quantità di materiali franati, come appunto appare dai seguenti passi:

1° Codice Atlantico, fol. 160 verso a:

« Li laghi infra li monti si generan per le ruine d'essi monti, che serran le valli ».

2° Codice Atlantico, fol. 84 recto a:

« *Delli fiumi massimi ringorgati dalle ruine de' laterali monti, li quali costrinsono alla creazion de' grandissimi laghi in altri siti.* »

« Le ruine de' monti caduti sopra le consumate lor radici, mediante li continui corsi de' fiumi, che a piè di quelli colle

(1) L. DA VINCI, *Del moto e misura dell'acqua* (1826), Libro I, cap. I.

lor velocissime acque precipitano, anno chiuse le bocche delle gran valli, situate nelli alti lochi. Queste son causa d'alzare la pelle dell'acqua alla creazion de' laghi, e generar nuovi fonti e fiumi nelli alti siti ».

3° Codice Atlantico, fol. 321 verso:

Parlando dell'origine del Mar Rosso, come fra poco vedremo, accenna pure alla formazione dei laghi, che dice dovuti esclusivamente a sbarramento dell'alveo di un fiume.

4° *Trattato della Pittura* (1882), Vol. II, § 804:

« ... Le radici de' monti laterali [di una valle], li quali ruinandando sopra essi fiumi, chiudano le valli e, come se si volessino vendicare, proibiscono il corso di tal fiume e lo convertono in lago, dove l'acqua con tardissimo moto pare raumigliata... ».

Chiaro ed indiscutibile è adunque il pensiero vinciano.

I moderni studi geologici hanno dimostrato come svariate siano le cause che possono dar luogo alla formazione dei bacini lacustri, anzi il problema della loro origine è uno dei più complessi e dei più dibattuti. Io non posso qui dilungarmi su questa ardua ed importante questione, solo dirò che la teoria degli sbarramenti, vera, anzi la sola plausibile in determinati casi, venne a torto da Leonardo estesa alla origine di tutti i laghi.

L'uomo storicamente è stato testimone della formazione di parecchi bacini lacustri, specie nella regione alpina. Citerò a questo proposito un esempio da tutti conosciuto perchè pittorescamente descritto dallo Stoppani nel *Bel Paese* (1): la formazione, cioè, del lago d'Alleghe nel Bellunese, avvenuta nella notte dell'11 febbraio 1771 per un immane scoscendimento determinatosi sui fianchi del monte Spitz; la massa caduta scivolò, come sopra un piano inclinato, sugli strati del *muschelkalk* e dei tufi che compongono l'ossatura di detta montagna, degradando verso il fondo della valle, e sbarrò il corso al

(1) A. STOPPANI, *Il bel paese*, IV edizione [pagg. 34-39]. Milano, 1883.

Cordevole, dando luogo alla formazione di un lago, andato successivamente colmandosi, come ce lo dimostrano le seguenti misure (1):

1775	Gualandris	metri	90
1882	Pavesi Pietro	"	35
1887	Damian	"	22,3

Anche prescindendo dalla misura del Gualandris, che certamente non può aspirare alla precisione ora richiesta, e quindi non è comparabile con le altre, quelle del Pavesi e del Damian, fatte a cinque anni di distanza, ci dimostrano come il bacino lacustre sia andato sempre diminuendo di profondità. Anzi secondo misure posteriori del prof. Olinto Marinelli, eseguite nell'estate 1895, la massima profondità sarebbe ancora leggermente minore di quella trovata dal Damian, cioè pari a metri 21: tale differenza potrebbe dipendere dall'interrimento avvenuto dal 1887 al 1895 (2).

Una immensa frana, spiccatasi nel mattino del 27 luglio 1642 (3) dal fianco orientale del monte Pozzoli, si gittò con orrendo fragore attraverso la valle, che rimontò in parte dal lato opposto: per tale incidente l'intero paese di Antronapiana (Domodossola) fu sepolto sotto le macerie, che impe-

(1) MARINELLI O., *Area e profondità dei principali laghi italiani* [in] *Rivista Geografica Italiana*, Vol. I, [pag. 564]. Roma, 1894.

(2) MARINELLI O., *Prima serie di aggiunte e correzioni al catalogo dei laghi italiani* [in] *Rivista Geografica Italiana*, Vol. IV [pag. 517]. Roma, 1897.

(3) ERRERA CARLO, *Il lago d'Antrona* [estr. dal] *Boll. del Club Alpino Italiano*, Vol. XXVII, N. 60 (1893). Torino, 1894.

Le notizie sulla formazione del lago vennero dall'A. desunte da un rarissimo foglio a stampa conservato nella Biblioteca Ambrosiana di Milano, dal titolo: *Raguaglio | della gran ruina | et caduta | di montagna, nel luogo d' Antrona piana | alli 27 di luglio 1642* | In Milano | per Gio. Battista Malatesta, stampatore regio Cam. | con licenza de' superiori.

Dalle ricerche dell'Errera risultano i seguenti dati relativi all'area, profondità, ecc. di detto lago: Superficie km². 0,29. Perimetro km. 2,50. Lunghezza massima km. 0,755. Profondità massima m. 49,5. Volume m³ 5.230.000. Profondità media m. 18,00.

dirono pur anco il corso al Troncone. Le acque di tale torrente formarono allora un bacino lacustre, il quale andò crescendo di vastità e di profondità, finchè riuscirono ad aprirsi con fatica un varco verso oriente.

Altro esempio, meno noto, è la formazione del lago di Borta nel Friuli, avvenuta verso la mezzanotte del 15 agosto 1692 per un'immensa frana, lentamente preparata dal lavoro di erosione dell'acqua, ed improvvisamente staccatasi dal monte Auda: essa scese precipitosa ad ingombrare il letto del Tagliamento in modo da innalzarsi sulla sponda opposta fino a seppellire il villaggio nominato. Impedito così il libero corso del fiume, le acque si adunarono in modo da formare un bacino di circa km. 4 di lunghezza e 70 metri di profondità. Riempita la cavità, le acque a poco a poco si scavarono un angusto alveo fra i materiali franati e così poterono riprendere il loro cammino (1).

Non solo la regione alpina o prealpina d'Italia à il triste privilegio degli scoscendimenti che àno originato de' laghi; i terreni franosi del nostro Appennino ci porgono altri esempi: ricorderò, fra i molti che potrei addurre, la classica terra del Frignano, che anni or sono ebbe la sventura di vedere uno de' suoi più pittoreschi paesi dalla commozione di una falda di terreno interamente distrutto: il caso di Sant'Anna Pelago è a tutti noto. Memorande furono le rovine del Groppo avvenute nel 1636 e nel 1786-87. Il distacco cominciò lentamente poco lungi dal monte delle Tegge; ma due giorni dopo, nella notte del 1° dicembre 1786, precipitò tutto il terreno contro l'abitato di Caselle, atterrando edifici, alberi, e tutto devastando. L'immenso materiale caotico discese fino al fiume Scoltenna, ove, fatta una chiusa, diede luogo ad un vastissimo lago, profondo non meno di 150 braccia. Circa un secolo dopo, nel 1879, sempre fra la regione delimitata da

(1) MARINELLI O., *La frana ed il lago di Borta*. Udine, 1897. Contiene quest'opuscolo — pubblicato per nozze Pio-Comesatti — un interessante *fac-simile* della topografia della frana rilevata il 28 settembre dello stesso anno dal geometra Pascolo Pascoli.

tale torrente in basso e dalla via Giardini in alto, una frana non meno disastrosa, di sotto Lama Mocogno, sconvolse ed asportò una parte della magnifica strada e, scendendo al fiume, ne asserragliò il corso, formando un altro vasto lago (1).

* * *

Mi sono dilungato un poco in questi esempi in primo luogo per far vedere che i bacini lacustri generati da franamenti non sono fenomeni tanto rari nella storia fisica del nostro paese: secondariamente poi perchè le notizie fornite sul lago di Alleghe, di Antrona e di Borta ci permettono di tracciare l'evoluzione fisiografica di tali fenomeni, che venne espressa da Leonardo con le seguenti parole:

« Le destruzion de' laghi nascan dalli corsi delli lor fiumi consumatori dell'argine o del monte generatore d'esso lago » (2).

* * *

Leonardo fu certamente condotto a formulare così nettamente le idee dianzi esposte sulla formazione dei laghi da qualche catastrofe successa a' tempi suoi, come si rileva da un passo relativo alla origine del Mar Rosso. Un grande franamento potrebbe, secondo lui, aver « serrata la bocca del Mar Rosso e proibito l'esito del Mediterraneo, e così ringorgato tal mare abbia per esito il transito infra li gioghi gadi-tani: perchè il simile abbiam veduto alli nostri tempi cadere un monte di sette miglia, e serrare una valle, e farne lago: e così son fatti la maggior parte de' laghi de' monti, come lago di Garda, di Como e Lugano e Lago Maggiore » (3).

(1) PULLÈ L. F., *Paesi che se ne vanno. Le frane dell'Appennino Modenese* [in] *Rivista d'Italia*, Anno IV, Vol. III, fasc. X [pagg. 291-315]. Roma, 1901.

(2) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

(3) Codice Atlantico, fol. 321 verso [in] *Saggio*, ecc., tav. VII.

Volendo ora, a titolo di semplice congettura, riferirci ad uno degli avvenimenti geologici, successi al tempo di Leonardo, che ebbero per la loro terribile grandiosità triste rinomanza, potremo forse accennare il grande franamento accaduto nel 1513 nei pressi di Bellinzona, il quale diede luogo, per l'occlusione del Brenno, alla formazione di un lago: fenomeno così descritto da Leandro Alberti:

« ... Gli anni passati per il terremoto spaccandosi dal monte gran parte di terra, in tal guisa traversò la soggetta valle, per la quale trascorre il Bregno, che non potendo quello scendere per il consueto letto ne risultò dall'acque ritenute, un largo, & cupo lago con gran danno de gli habitatori delle valle, ove molti ne rimasero morti, & le loro habitationi sommerse. Talmente per alquanto tempo a poco a poco mollificandosi la terra caduta (& più non possendo sostenere tanta abbondanza d'acqua) aprendosi con tanta furia scese l'acqua quivi ragunata, che non la possendo contenere l'usato letto del fiume (per il quale trascorreva nel Tesino) fece assai danni ai vicini luoghi ruinando etianodio gran parte di quel forte muro, già fatto da Lodovico Sforza presso Belinzona » (1).

II.

Premesso che Leonardo ritiene i laghi esclusivamente propri delle regioni montuose, passiamo a dilucidare i pochi passi sparsi ne' suoi manoscritti, contenenti alcuni cenni sui bacini lacustri.

(1) *Descrizione di Tutta Italia*, di LEANDRO ALBERTI, Bolognese. *Nella quale si contiene il sito di essa, l'origine, & le Signorie delle Città, & de Castelli; co nomi antichi, & moderni, i costumi de popoli, & le conditioni de' Paesi*. Nuovamente ristampata, & con somma diligenza reuista & corretta [pagg. 439 verso - 440 recto]. In Vinegia. Presso Altobello Salicato, MDLXXXVIII, alla Libreria della Fortezza.

Discutendo una opinione diffusa intorno alla origine de' fossili, sulla quale in apposito capitolo ritorneremo, dice che i nicchi dovrebbero, se portati dall'onde, esclusivamente trovarsi sulle cime de' monti più alti e « ne' laghi che infra li monti si serrano, come lago di Lario, o di Como, e 'l Maggiore, e di Fiesole, e di Perugia e simili » (1).

Leggendo queste righe nasce spontanea una domanda: avrà il Richter, da cui abbiamo riportato il passo, bene interpretato la parola *Fiesole*? Nei pressi di questa località nessun lago è mai esistito, nè in un passato geologico, nè tanto meno in uno storico. Ora non potrebbe, per esempio, aver Leonardo scritto *Pesole*, vale a dire alluso al laghetto posto nelle vicinanze di Castello di Lago Pesole in Basilicata? Per altro la lontananza di questa regione e la pochissima importanza di tale bacino lacustre, ci fanno nascere forti dubbi sulla attendibilità di questa supposizione. Qualche errore certamente esiste, ma non avremo gli elementi necessari per correggerlo se non quando sarà pubblicato in facsimile il Codice Leonardiano che contiene il passo sopra riportato.

Per non fare inutili digressioni, proseguendo nel nostro compito, troviamo quest'altro passo:

« ... Sono i laghi posti nelle cime delli alti monti come sopra Pietra Pana e Lago della Sibilla a Norcia, e tutti li laghi che dan principio a grandi fiumi, come Tesino dal Lago Maggiore, Adda dal lago di Como, Mincio dal lago di Garda e Reno dal lago di Costanza e di Coira e dal lago di Lucerne, e come Tigrone, il quale passa per la Minore Asia, il quale ne porta con seco l'acqua di 3 paduli, l'un dopo l'altro, di varie altezze, de' quali il più alto è Munace, el mezzano è Pallas e 'l più basso è Tritone: ancora el Nilo deriva da 3 altissimi paduli in Etiopia, il quale corre a tramontana e versa nel mare d'Egitto con corso di 4000 miglia, e la sua brevissima e diritta linia è 3000 miglia; di quel che s'è notizia escie de' monti

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 8 verso. — Vedi Appendice XI a.

della Luna con diversi e incogniti principi, e trovansi li detti laghi alti sopra la sfera dell'acqua circa a 4000 braccia, cioè un miglio e $\frac{1}{8}$... » (1).

Il *Fietra Pana* di Leonardo è evidentemente il *Pietra Pana* che Dante nomina nel canto XXXII (verso 29) dell'*Inferno*, cioè le Alpi Apuane; ora siccome sulle vette di queste montagne non esiste alcun lago, così dubito molto che il Vinci abbia voluto riferirsi ai numerosissimi laghetti che si trovano nell'Appennino Settentrionale, e specialmente nella parte più elevata di tale catena; minuscoli bacini lacustri stati oggetto di studio anni or sono per parte del professore C. De Stefani (2).

Il piccolo lago della Sibilla, che si trova ai piedi del Monte Vettore, culmine dei Sibillini (metri 2477), non certo per la sua importanza da Leonardo è qui ricordato, ma forse per le paurose leggende create intorno a lui dalla fantasia popolare.

Per quante ricerche io abbia fatte non sono riuscito a trovare notizie intorno ai tre laghi di *Munace*, di *Pallas* e di *Triton* facenti parte del bacino del Tigri: Plinio, parlando del corso superiore di tale fiume, ne ricorda due soli, cui dà rispettivamente il nome di *Aretusa* e di *Tospite* (3).

Riguardo all'altezza dei laghi niliaci dirò solo che il più elevato, il Victoria Nyanza, non supera i 1200 metri sul livello del mare, mentre le quattro migliaia di braccia ammesse da Leonardo darebbero se, toscane, circa metri 2200, se milanesi, 2380: errori per altro compatibili per quei tempi. Così pure dicasi dei dati riguardanti il decorso del Nilo, il quale, secondo Leonardo, raggiungerebbe i 6616, o 7140 km. circa, secondo che il miglio adoperato è il toscano oppure il milanese, mentre la distanza in linea retta fra la sorgente e lo

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 34 verso. — RICHTER, II, §§ 933 e 1095.

(2) DE STEFANI C., *I laghi dell'Appennino Settentrionale* [in] *Bollettino del Club Alpino Italiano*, Vol. XVII, num. 50 [pagg. 99-140]. Torino, 1884.

(3) C. PLINII SECVNDI *Hist. Nat.*, liber VI, § XXXI.

sbocco in mare oscillerebbe fra i 4962 ed i 5355 km. circa per la solita indeterminatezza dell'unità di misura: noi sappiamo dalle diligentissime misure fatte dallo Chavanne (1) sulle migliori carte che la lunghezza del corso di tal fiume è di km. 6170 e la distanza diretta dalla foce alla sorgente — accettando quale fiume sorgentifero lo Scimiju-Mwaru — di 4120 km.

La enumerazione dei grandi laghi dell'Italia Superiore contenuta nel passo citato, fa sovvenire quella data da Plinio, il quale parlando di tale regione dice che in essa « lacus inclyti sunt, amnesque eorum partus, aut alumni: si modo acceptos reddunt, ut Adduam Larius, Ticinum Verbanus, Minicium Benacus, Ollium Sebinus, Lambrum Eupilis, omnes incolas Padi » (2).

Il lago di Eupili ai tempi di Plinio era forse costituito dagli attuali bacini lacustri di Alserio e di Pusiano insieme congiunti, ed ora separati dal Piano di Erba, costituito da depositi alluvionali, morenici e da torbiere (3).

Intorno a questi due laghi ed agli altri briantei, che si trovano in una regione stata soggetta a grandi modificazioni, specie per l'azione glaciale, fra i manoscritti di Leonardo troviamo la seguente osservazione:

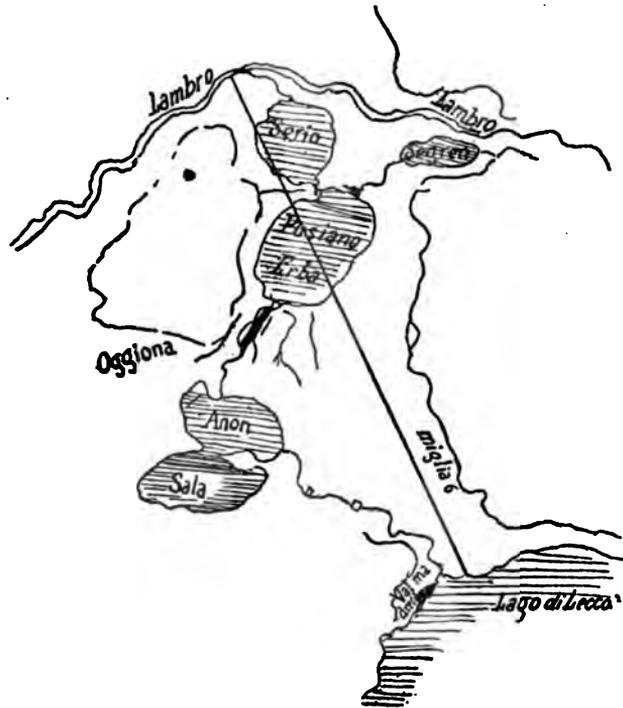
« Il lago di Pusian[o] versa nel lago di [Al]serio e d'An[n]on[e] e di Sala...: il lago d'An[n]on[e] ha 22 braccia più alto la pelle della sua acqua, che la pelle dell'acqua del lago di Lecco, e 20 braccia più alto è il lago di Pusian[o] che 'l lago d'An[n]on[e], braccia 20, le quali, giunte colle braccia 22 dette, fan braccia 42; e quest'è la maggiore altezza, che abbia la pelle del lago di Pusian[o] sopra la pelle del lago di Lecco » (4).

(1) BIASIUTTI A., *L'Africa* [in] G. MARINELLI, *La Terra*, Vol. VI [pagine 42-43]. Milano, s. d.

(2) C. PLINII SECVNDI *Hist. Nat.*, liber III, § XXIII (XIX).

(3) Per la geologia di questa regione cfr. T. TARAMELLI, *Carta Geologica della Lombardia* (con fascicolo esplicativo). Milano, 1890-91.

(4) Codice Atlantico, fol. 275 recto a.



Anzi tutto noto che il Richter, che à riportato il passo testè citato al § 1032 della sua *Antologia vinciana* (1), erroneamente à trascritto « Segrino » invece di « [Al]serio ». Premesso ciò, Leonardo considera come due laghi distinti quelli di Annone e di Sala, che ne formano in realtà uno solo, diviso in due bacini dalla ristretta penisola di Isella — costituita da depositi alluvionali ed in parte da lembi cretacei — che esile si protende fin quasi contro all'accentuata sporgenza su cui si erge il paese di Annone (formata essa pure da calcari) in modo da lasciare un canale di comunicazione, stretto e poco profondo, come risulta dagli scandagli del D.^r S. Crotta (2).

(1) RICHTER, *The Literary Works*, ecc. (1883), Vol. II, pag. 239.

(2) CROTTA SALVATORE, *Profili batometrici dei laghi Briantei e del lago del Segrino (Vall'Assina Meridionale)* [in] *Rivista Geografica Italiana*, Vol. I [pagg. 487-93], con 1 tav. Roma, 1894.

I laghi di Pusiano e di Alserio, come scrive Leonardo, comunicano fra loro: questi due laghi, che hanno il loro specchio d'acqua, in condizioni normali, ad un livello che differisce di soli due centimetri, furono già insieme congiunti, mentre ora sono separati dal delta storico del Lambro, entro cui vennero costruiti gli emissari che li uniscono a tale fiume.

Il lago di Pusiano è separato da quello di Annone da una zona, di poca altezza, entro cui si è scavato il letto il Rio Caminet, in parte costituita da calcari cretacei ed in parte (la meridionale) da vasti depositi di torba.

Il lago di Annone comunica con quel di Lecco per mezzo del fiume Ritorto, il quale esce dall'estremità settentrionale del bacino di Sala e sfocia in quello di Lecco a Parè al Lago. Tale emissario si trova designato nella cartina costruita da Leonardo, che serve di illustrazione al passo citato, nella quale però, anziché dal bacino di Sala il Ritorto vien fatto partire da quello di Annone. In tale schizzo è al pari indicata la posizione del lago di Segrino — rappresentante un antico decorso del Lambro prima dell'ultima espansione glaciale — che comunica con quello di Pusiano.

Mentre il Lambro entra in questo lago con il nome di Lambrone mediante un rettifilo eseguito dall'opera dell'uomo, e ne esce per congiungersi a Pontenuovo con l'emissario del lago di Alserio, nella cartina di Leonardo è fatto passare ad occidente di tale bacino, con il quale vien messo in comunicazione mediante uno speciale canale. Malgrado tale difetto nel suo complesso lo schizzo planimetrico dei laghi briantei, specie per quanto riguarda la forma e la posizione reciproca, offre — come osserva Luca Beltrami (1) — una sufficiente esattezza, tanto più degna di essere rilevata, quando si voglia paragonare alle scorrettezze ed alle fantasie sparse nelle carte venute ancora in luce più di due secoli dopo Leonardo.

Infatti, a proposito di tali laghi, l'illustre Architetto mila-

(1) BELTRAMI LUCA, *Leonardo da Vinci negli studi per rendere navigabile l'Adda* [Estr. dai] *Rendiconti del R. Ist. Lombardo di Sc. e Lett.*, Serie II, Vol. XXXV [pag. 4]. Milano, 1902.

nese nota che « la scorrettezza e l'arbitrio nelle carte topografiche del secolo XVI e XVII ed anche del XVIII è veramente fenomenale. I quattro maggiori laghi della Brianza sono indicati senza nome e con proporzioni inesatte nella carta del ducato di Milano pubblicata come *Sedes belli in Italia*. Lo *Status Mediolanensis* di Gerard Valck indica tre laghi informi, sebbene pretenda essere una *accuratissima delineatio*: Joh. Schreibern, nella carta *Das meiste von der Lombardei*, indica un lago solo fra i due nomi di Bussiano e Serio. La carta del ducato di Milano, pubblicata nel 1781, a Venezia, indica tre laghi, più a nord di Lecco, e col solo nome di Alserio, che per la prima volta appare invece di Serio, od anche Cerio, come nella carta *Mailändische Feldzug* del Riegel di Norimberga, e nel *Belli Typus in Italia* di J. B. Homannum del 1702. Del resto il *Ducatus Mediolanensis* del Settala G., edito nel 1570, indica due laghetti contribuenti di un corso d'acqua denominato *Asino* (si voleva forse dire Vallassina) » (1).

Dalla carta dell'Istituto Geografico militare (fol. 32) rilevo i seguenti dati altimetrici relativi allo specchio dell'acqua dei laghi di cui ci occupiamo:

Alserio	m.	260
Pusiano	»	258
Annone	»	226
Segrino	»	370
Lecco	»	199

Confrontando ora le differenze fra l'altezza del pelo d'acqua dedotte da tali dati e quelle forniteci da Leonardo, supponendo queste espresse in braccia milanesi, otterremo:

	Δ in metri	Δ secondo Leonardo	
		in braccia milanesi	equivalenti a metri
Annone-Lecco	27	22	13.1
Pusiano-Annone . . .	32	20	12
Pusiano-Lecco	59	42	25

(1) BELTRAMI L., *Leonardo da Vinci negli studi*, ecc. [pag. 4 (6)]. Milano, 1902.

vale a dire, le differenze attribuite da Leonardo, sono di poco superiori alla metà di quelle assai precise dedotte dalle odierne determinazioni: tali inesattezze, aggiungo, non sono riferibili a variazioni di livello avvenute dall'epoca di Leonardo ai nostri giorni, ma invece dovute agli errori inerenti a sì fatto genere di misure, come ò già accennato e come spiegherò più diffusamente in altro lavoro.

Mi sono alquanto diffuso a parlare intorno alle ricerche leonardiane sui laghi della Brianza, perchè l'annotazione e la cartina riprodotta, insieme ad altre che si trovano nel Codice Atlantico, riguardano il problema di assicurare una comunicazione per via d'acqua fra il lago di Como e Milano, la cui attuazione era resa ancora più impellente nella seconda metà del secolo XV, come naturale complemento del canale della « Martesana » da Francesco Sforza tracciato (1457-65), valendosi dell'opera dell'architetto Bertola da Novate, i cui vantaggi — per le difficoltà ed i pericoli permanenti che l'Adda opponeva alla navigazione, specie lungo il tratto Brivio-Trezzo — si erano addimostrati di molto inferiori a quelli ripromessi.

Dall'esame diligente dei documenti Luca Beltrami deduce (1) che gli studi di Leonardo a tal proposito, anzi che limitati a semplici indagini, costituiscono un progetto abbastanza concreto, che servì di traccia e di guida negli studi iniziati da Benedetto Messaglia e Bartolomeo della Valle nel 1516, cioè, dopo che Leonardo aveva abbandonato la Lombardia. Dato ciò, e dall'avvicinamento delle date, non è al tutto improbabile, che l'ispiratore della donazione fatta da Francesco I per la soluzione di tale problema sia stato Leonardo stesso, che avrebbe potuto in Francia fornire a quel re, di cui era familiare, i tratti fondamentali del progetto stesso.

(1) BELTRAMI L., *Leonardo da Vinci negli studi*, ecc. (1902), pagg. 2 e 14-15.





CAPITOLO XII.

Il Mare.

Il mare, sua posizione; il « Mare Magnum ». — Origine e variazioni della salsedine; i depositi di salgemma. — Mancanza di cognizioni sulla morfologia del fondo: gli scandagli.

I.

TUTTI i fiumi, tutti i torrenti che in numero sterminato solcano la faccia della terra, unendosi in varî sistemi, mettono al mare (1), il grande, l'immenso serbatoio delle acque, ove scaricano i detriti prodotti dall'ingente lavoro di erosione e di fratturazione, che, distribuiti, daranno origine a nuove rocce, a nuovi continenti. Mi si perdoni la frase un po' troppo rettorica, il mare, come è un immenso cimitero entro cui si raccolgono le spoglie dei vecchi e sfasciati continenti, è pure l'immenso laboratorio de' nuovi, che sostituiranno quelli che oggi noi abitiamo, incessantemente minati dai fenomeni di erosione e di degradazione.

« Le più basse parti de' monti si è dove si congiungono alle loro valli. E l'infima bassezza delle valli sono i loro fiumi,

(1) « Pelago è detto quello il quale à figura larga e profonda, nel quale l'acque stanno con poco moto ».

Manoscritto I., fol. 72 verso.

Tale definizione è pure riprodotta nel trattato *Del moto e misura dell'acqua* (1826), Libro I, cap. I.

cagione d'esse valli: i quali fiumi fanno loro ultima bassezza nel loro concorso al real fiume, dove, perdendo la forma, perdano il nome. E l'ultima bassezza de' reali fiumi è il mare, dove si riposano i pelegrinanti fiumi coi loro seguaci » (1).

L'antico concetto del *mare magnum* si va ai tempi di Leonardo sfasciando: le ardite navigazioni di Colombo, di Vespucci, di Caboto, di Vasco da Gama e di tanti altri viaggiatori estendono progressivamente non solo la conoscenza superficiale ma quella delle condizioni fisico-biologiche del nostro pianeta. E così il Mediterraneo va perdendo di mano in mano la sua classica importanza: anzi per Leonardo non è altro se non un grande, il massimo de' fiumi che sboccano nell'Oceano. « Il massimo fiume del nostro mondo » scrive « è il Mediterraneo fiume che si move dal principio del Nilo all'Oceano occidentale e la sua suprema altezza è nella Mauritania esteriore, e à di corso 10.000 miglia, prima che si ripatrii col suo Oceano, padre delle acque » (2).

Concetto generalizzato ancora di più nella seguente proposizione: « tutti li mari mediterranei e li golfi d'essi mari son fatti da fiumi che versano in mare » (3); cui può stare a raffronto quest'altra di Ristoro d'Arezzo, improntata, per altro, ai soliti concetti di finalità:

« E questi fiumi, che vegnono a riscontro per opposito sì inverso il mezzo della terra, è misteri ch'elli abbiano un luogo là ov'elli entrino, e facciano capo e ingiungansi insieme, lo

(1) Manoscritto A., fol. 56 verso.

Questo paragrafo porta il titolo seguente: « Prova come la superficie del mare è equidistante al centro della terra e della più bassa superficie del mondo ».

Nel Codice Atlantico (fol. 84 verso a):

« Tutti i laghi e tutti li golfi del mare, e tutti li mari mediterranei nascono dalli fiumi, che in quelli spandono le loro acque, e dalli impedimenti della loro declinazione ».

(2) Codice Atlantico, fol. 321 verso [in] *Saggio*, ecc. (1872), tav. VII.

Nello stesso Codice al fol. 263 verso b (passo riprodotto integralmente a pag. 64 del presente studio) Leonardo chiama pure il mare Mediterraneo « fiume massimo ».

(3) Codice Atlantico, fol. 157 verso (466 recto). — RICHTER, II, § 950.

quale sia più cupo di loro, e ragioninsi insieme; e questo de' essere un braccio di mare, lo quale esca dal mare maggiore, lo quale avirona e circonda la terra: [E tale] grande braccio di mare largo, lo quale, a cagione del mezzo della terra, lo chiamano mare Mediterraneo, nel quale entrano tutti i fiumi, i quali corrono inverso 'l mezzo della terra: e specialmente il gran fiume, lo quale fue chiamato da savi Nilo... » (1).

La trattazione degli argomenti relativi al mare è di capitale importanza nella geografia fisica, tanto più in riguardo al sistema geologico cui sono informate le dottrine propugnate da Leonardo. Perciò reputo necessario limitar qui l'esposizione agli argomenti principali, cioè, all'origine della salsedine, alla morfologia del fondo (e quindi anche ai mezzi per studiarla) ed ai movimenti periodici e non periodici che presentano le acque.

II.

In una specie di sommario che si rinviene in un foglio del Codice Atlantico, trovasi il seguente accenno alla materia di uno speciale capitolo: « Della salsedine del mare e donde nasca » (2), argomento trattato abbastanza prolissamente nel manoscritto *G*.

Ivi Leonardo comincia a confutare l'opinione espressa da Plinio che la salsedine tragga sua origine dall'azione del

(1) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 81.

Per Dante il Mediterraneo è:

La maggior valle in che l'acqua si spanda

.

Fuor di quel mar che la terra inghirlanda.

Paradiso, IX, 82, 84.

(2) Codice Atlantico, fol. 74 recto a.

sole (1), e critica pure quella sostenuta da Empedocle, secondo il quale è causata da un « sudore » della terra. Egli è d'avviso che dipenda in principal modo dalle vene d'acqua, le quali penetrando nelle viscere della terra, trovano, lungo il sotterraneo loro decorso, dei depositi di sale; una parte di questo verrebbe quindi disciolta e trasportata in seno all'oceano ed agli altri mari, donde non può essere tolta dall'azione evaporante de' raggi solari.

« *Perchè l'acqua è salsa.*

« Dice Plinio nel 2° suo libro, a 103 capitoli, che l'acqua del mare è salata perchè l'ardore del sole abronza e secca

(1) Ecco i passi relativi alla origine della salsedine tratti da PLINIO (*Hist. Nat.*, libro II):

« § CIII (C). — Itaque Solis ardore siccatur liquor: et hoc esse masculum sidus accepimus, torrens cuncta sorbensque.

« § CIV. — Sic mari late patenti saporem incoqui salis, aut quia exhausto inde dulci tenuique, quod facillime trahat vis ignea, omne asperius crassiusque linquatur (ideo summa aequorum aqua dulciorem profundam: hanc esse veriorem causa asperi saporis, quam quod mare terrae sudor sit aeternus); aut quia plurimum ex arido misceatur illi vapore: aut quia terrae natura sicut medicatas aquas inficiat ».

Per gli opportuni raffronti riproduco qui appresso le parole di Ristoro e di Palissy, relative alla origine della salsedine :

Secondo Ristoro « l'acqua del mare è salsa, a cagione della virtude del Sole, che ne trae il sottile per vapore e rimane lo grosso, secondo la pognono li savi, trova la terra insalita, ed è incupata, per la virtù del cielo entro per essa: e la terra trae a se la salsezza, e purificala, e diventa dolce, ed esce fuore, e fa rii e i fiumini, e questi rii e questi fiumi dell'acqua dolce rigano la terra. E traendo la terra continuamente la salsezza dell'acqua potrebbe dare per questo al suo frutto alcuno sapore..... » *.

Secondo Palissy « le sel de la mer vient de la terre, y estant porté tant par les eaux des riuieres qui se rendent en icelle, que par les flots impetueux qui frappent violemment contre les rochers & terres salées » **.

(*) RISTORO D'AREZZO, *La Compositione*, ecc. (1859), pagg. 80-81.

(**) PALISSY, *Œuvres*, ecc. (1777), pagg. 278-79.

l'umido e quello succhia, e questo al mare, che molto s'alarga, dà sapore di sale; ma questo non si conciede, perchè se la salsedine del mare avessi causa dall'ardore del sole, non è dubbio che i laghi, stagni e paduli tanto maggiormente sarebbero più insalati quanto le loro acque son manco mobili e di minore profondità: e l'esperienza ci mostra il contrario; tali paduli ci mostran le loro acque essere al tutto private di salsedine. Ancora s'assegna da Plinio nel medesimo capitolo che tal salsedine potrebbe nasciere, perchè levatone ogni dolce e sottile parte, la qual facilmente il caldo a se tira, rimane la parte più aspra e più grossa e per questo l'acqua che è nella superficie è più dolce che nel fondo. Contro a questa si contradice colle medesime sopradette ragioni, cioè che il medesimo accaderebbe alle paduli e altre acque che per il caldo s'asciugano. Ancora fu detto che la salsedine del mare è sudore della terra: a questo si risponde che tutte le vene dell'acque, che penetrano la terra, sarebbero insalate. Ma si conclude la salsedine del mare essere nata dalle molte vene d'acque, le quali nel penetrare la terra, trovano le miniere del sale e quelle in parte si solvano e portan seco all'ocieano e li altri mari, d'onde mai li nuvoli, seminatori delli fiumi, non levano: e sare[bbe] più salato il mare alli nostri tempi che mai per alcun altro tempo fosse: e se pur l'avversario si dicessi, che il tempo infinito seccherebbe, ovver congelerebbe il mare in sale, a questo si risponde, che tal sale si rende alla terra colla liberazione d'essa terra che s'innalza col suo acquistato sale e li fiumi lo rendano alla sommersa terra » (1).

Con argomentazioni improntate un po' troppo alla finalit  Leonardo, data l'importanza che   il sale nella vita animale, aggiunge che se il nostro globo fosse anco interamente composto di sal gemma, tale quantit  non sarebbe sufficiente ad alimentare eternamente la specie umana. Ma siccome, secondo il Vinci, l'esperienza   dimostrato che n  per azione

(1) Manoscritto G., fol. 48 verso.

del fuoco, nè per quella dell'acqua, la quantità di cloruro di sodio diminuisce, così Egli è proclive ad ammettere che la quantità di sale giornalmente consumata, venga compensata da altrettanta che per funzioni organiche alla terra istessa viene resa:

« Ma a dire meglio, essendo dato il mondo eterno, egli è necessario che li sua popoli, sieno ancora loro eterni, onde eternalmente fu e sarebbe la spezie umana consumatrice del sale; e se tutta la massa della terra fussi sale, non basterebbe alli cibi umani, per la qual cosa ci bisogna confessare, o che la spezie del sale sia eterna insieme col mondo, o che quella mora e rinasca insieme cogli omini d'essa divoratori; ma se l'esperienza c'insegna quel non avere morte come per il foco si manifesta, il qual non lo consuma, e per l'acqua che di tanto si sala di quanto ella in se ne risolve, evaporando l'acqua, sempre il sale resta nella prima quantità, ne vale passare per li corpi umani, che in orina o in sudore, o altre superfruità fia ritrovato, e quanto è il sale che ogni anno si porta alle città, adunque diremo che le piogge penetratrici della terra si è quella che sotto alli fondamenti delle città e popoli, si è quella che per li meati della terra renda la salsedine levata dal mare e che la mutazion del mare, stato sopra tutti li monti, lo lasci per le miniere ritrovate in essi monti ecc.

« Terza ed ultima ragione diremo, il sale essere in tutte le cose create e questo c'insegna[no] le acque passate per tutte le ceneri e calcine delle cose bruciate e le orine di qualunque animale e le superfruità uscite de' lor corpi e le terre, nelle quali si convertano le corruzioni di tutte le cose.

« Cavasi il sale de lochi dove piscian li porci e li venti marini son salati » (1).

Prescindendo da ogni qualunque altra considerazione svolta in precedenza da Leonardo, nel penultimo a capo del passo testè riprodotto, Egli (come pure il Palissy) afferma la salsedine del mare essere dovuta al lavaggio esercitato sulle terre

(1) Manoscritto G., fol. 49 recto.

emerse, dei sali che queste tengono in gran copia disciolti, ed i depositi di sale comune doversi attribuire unicamente al prosciugamento di bacini marini (1).

Fra i grandi depositi di sal gemma Leonardo con la frase « ... qualche miniera di sale, come quella di Ungheria, che si cava il sale per le grandissime cave, come quasi cavano le pietre » (2), allude certamente alle celebri miniere di Wieliczka, presso Cracovia, lavorate in modo regolare dal secolo XI in poi, e forse anco da tempi più remoti.

Riguardo alla salsedine del mare bisogna ancora notare, come Leonardo ammetta che sia maggiore ora che non nei tempi passati, il che non è provato dai più recenti studi geologici: così mentre Egli giustamente osserva che l'acqua salata è più pesante dell'altra (3), però erroneamente ritiene che « l'acque de' mari salati sono dolci nelle sua gran profondità » (4).

III.

Sulla morfologia del fondo del mare, nei manoscritti vinciani fino ad ora venuti in luce, non si contengono osservazioni di sorta, anzi non trovo nemmeno accennato alcun apparecchio atto a misure batometriche, mentre Leon Battista Alberti ed il Cusano accennano chiaramente, come fra breve

(1) Secondo i moderni studi la quantità veramente grande di sale che si trova in certi depositi, non può essere attribuita al semplice asciugamento di bacini interamente disgiunti dal mare: occorrerebbe invece che questi siano solo parzialmente separati dal mare aperto mediante una specie di diga, quale si vede nel Cara Bugas (Mar Caspio).

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 11 recto. — RICHTER, § 969.

(3) « L'acqua del mare e de' fiumi torbidi è più grave che l'altre acque, e per conseguenza più resiste alli pesi da loro portati »

Manoscritto *F.*, fol. 70 verso.

(4) Manoscritto *Leic.*, fol. 21 verso. — RICHTER, II, § 948.

vedremo, a tale istrumento: il Vinci solo casualmente ricorda che nel suo complesso l'acqua de' mari è di poca profondità (1).

L'Alberti, il Cardinale di Cusa e Leonardo si disputano la priorità della invenzione dell'igrometro, e tali tre nomi abbiamo pure trovati associati in quella del solcometro: ciò mi induce a sperare che fra le molte carte vinciane ancora inedite, si troverà pure descritto qualche scandaglio, strumento conosciuto nella sua forma più elementare, per necessità di navigazione, fino dai più remoti tempi (2).

Il primo che abbia descritto un apparecchio meno difettoso è il Savasorda, la cui opera, *Liber Embadorum*, che conservasi alla Nazionale di Parigi, fu dall'ebraico in lingua latina tradotta da Platone da Tivoli nell'anno 1116. Essa contiene, a quanto ci attesta il Libri (3), qualche fatto degno di essere menzionato: per esempio, vi si trova proposto lo specchio per misurare le altezze per riflessione con l'astrolabio, ed usata l'osservazione degli astri per la determinazione del tempo.

Riferisco la descrizione dello scandaglio perchè non è improbabile che da questa l'Alberti abbia attinto l'idea dell'apparecchio, che nei *Ludi Matematici*, senza per altro menomamente volersene attribuire il merito dell'invenzione, viene figurato e descritto:

« Quando queris scire altitudinem vel profunditate alicuius pelagi aut stagni aut cujuslibet fluvii, congruas tibi unum globum de aramine aut de plumbo in modum subtus jacentis formule rotundum undique et tenuem quantum possis. Hoc

(1) «Ma considerando la grossezza di 7000 miglia di diametro che à essa terra, e' si può concludere l'acqua essere di poca profondità ».

Manoscritto *Leic.*, fol. 35 verso. — RICHTER, II, § 907, pag. 183.

(2) Ne parlano Erodoto (che lo designa con il nome di « catapirateria »), Lucilio, Papirio Stazio ed altri parecchi. — Vedi a questo proposito l'erudito lavoro del P. BERTELLI T., *Studi storici intorno allo scandaglio marittimo e proposta di qualche miglioramento* [in] *Rivista Marittima*, fascicoli di febbraio ed aprile 1897. Roma, 1897.

(3) LIBRI G., *Histoire des sciences mathématiques en Italie*, ecc. Paris (1840), Vol. II, pag. 275.

facto, construe tibi aliam formulam de ferro secundum quod infra sit scriptum. Sit ex parte ab sit latus plerique intus cd , et intus ac , et bd maioris longitudinis fiat quam ab et ex parte a habeat unguam per quam pendat de ipso globo per circulum quem habet globus in costa sua, et ex parte c habeat clavum extra pertensum usque ad c totum equalem usque ad extremitatem ejus, et in eius extremitate de parte c habeat caput grossius quam certam partem, cuius capitis pondus citius ipsum ferrum in aqua immergat: et pendat ipsum ferrum de globo: postea pone super aquam cuius profunditatem scire queris, et dum in aquam mergis tu eadem hora altitudinem solis accipias in astrolabio, et vide que ora sit, et permitte ipsum ferum ingredi in aquam usque ad fundum: quod adhuc pervenerit ad fundum, ibi se offendit et postea enatans ascendendo redibit, et cum pervenerit ad te, tu iterum accipe horam per astrolabium, et videbis quantum est ab hoc quo cesserit immergi usque quo regressum fuit: si est una hora vel duo, vel quotlibet; postea accipias astam ad mensuram aliam et immerge in eodem loco, mensurabis quot pedes vel cubitos vel statuas ipsa aqua habeat in profunditate et quot horas habeat in immersione et emersione ejus, et in tot horis quot invenisti. Nam prius in aqua parva debes probare, postea in aqua magna si queris et sicut in primis invenisti sic facies: et tot pedes vel cubitos dabis at tot horas; quod si queris hoc facere, accipe vas tellureum subtus perforatum et pone super aquam quando ferrum et eramine immergis, et videbis quantum colligit aquam ipsum vas quousque redeat ferrum, et ponderabis ipsam aquam et dabis ad 4 argent. 10 statuas hominis medii; ad 1 argent. 2 statuas et dimidii, ad ducentos argenteos, quingentos; sic probabis » (1).



Il Cusano per misurare la profondità del mare propose pure di dedurla dal tempo che intercede fra il momento in cui lo strumento più pesante di un egual volume di acqua, comincia

(1) LIBRI G., *Histoire des sc. math. en Italie*, ecc., Vol. II, pagg. 484-86.

ad immergersi e l'istante in cui torna alla superficie del mare un piccolo galleggiante messo in libertà non appena l'apparecchio abbia toccato il fondo.

« ORATOR. — Audivi, quodam instrumento, voluisse nonnullos maris profunditatem venari.

« IDIOTA. — Cum plumbo fieret, formato ad instar Lunae, octo dierum: ita tamen, quod cornu unum sit ponderosius, et alius levius: & in leviori, pomum aut aliud leve, tali instrumento appendatur, quod plumbo in fundum pomum trahente, & primo cum ponderosiori parte terram tangente, & se sic successive inclinante: pomum de cornu liberatum, sursum revertatur, habita scientia, per simile plumbum & pomum, in alia aqua, notae profunditatis. Nam ex diversitate ponderum aquae ex clepsydra, a tempore projectionis plumbi, & reversionis pomi in diversis aquis, scitur quaesitum.

« ORATOR. — Credo, tali & aliis modis, profunditatem aquarum investigare posse » (1).

Il medesimo concetto, benchè sotto forma diversa, trovasi sviluppato pure dall'Alberti:

« Se volete misurare la valle quanto sia profonda, in qual modo si trovi fondo con lo scandaglio, nè con fune, fate così — Abbiate un vaso atto a tener acqua (sia bozzolo, o sia tazza o che vi piace), fatele nel fondo un piccolo buco; — e abbiate una galla di quercia, e appiccatevi uno ferretto minuto fatto simile a una figura d'abbaco quale importi 5, e questo ferretto, pel gambo maggiore, ficcatelo in questa galla per infino alla metà sua: l'altro mezzo avanzi fuori della galla. — Abbiate eziand piombini atti da peso quanto vi pare che sforzino la galla vostra a ire in fondo dell'acqua, e questi piombini siano fatti in questa forma qual qui vedete dipinta, simile el vaso, e simile la galla. Appiccate uno di questi piombini alla vostra galla come vedete la pittura, et ite in luogo quale a voi sia noto, e misurate prima con una fune quanto sia quivi il fondo dell'acqua. — E qui

(1) D. NICOLAI DE CUSA, *Idiotae*, libri IV [in] *Opera* (1565), pag. 177.

empite el vostro vaso d'acqua: e sia l'acqua pura; — e pesate l'acqua con tutta il vaso bene a punto quant'oncie e quanti grani ella si sia. Fatti questi apparecchiamenti, a uno tratto lasciate ire la galla col suo piombino in acqua: e insieme aprite l'acqua ch'ell'esca dal vaso. Qui la galla tirata dal piombo andrà fino al fondo. — Giunto che sarà el piombo, el capo suo chiamato *c*



toccherà prima el terreno e fermerassi, e 'l capo *b* simile dechinerà a terra; e indi la coda *a* appiccata all'angolo del ferruccio si distorrà dal luogo suo, e la galla libera rivolerà suso ad alto. Siate presto e chiudete col dito che nulla più acqua esca dal vaso, e pesate quanta acqua vi resta, e quanto ve ne manca, e notate, in questo tempo che la galla andò giù e ritornò, tante braccia della fune quant'acqua si verso. — Non mi estendo. — Credo che assai comprenderete che con questa misura vi sarà facile il misurare el profondo dell'oceano, purchè l'acqua non sia corrente » (1).

Dalla descrizione sopra riportata si vede che il famoso *bolide Albertiano* venne ricavato, ciò che in sostanza lascia intravedere l'Alberti stesso, dal Savasorda, e che riposa sopra un falso principio. Il Riccioli, nel suo *Almagestum novum* (2), osserva, riguardo all'uso di tale apparecchio, che la diversa densità dell'acqua marina e la variabile agitazione del mare devono condurre a risultati fallaci e molto lontani dalla precisione necessaria in simile genere di misure. Anche il Cabeo, in uno speciale capitolo dei suoi *Commenti su le Meteore di Aristotele*, e precisamente nella *Quaestio XIII* dal titolo: *De maris profunditate, & modo illam explorandi, & impugnatur Leonis Baptistae Alberti modus, ac disputatur de clepsydra* (3),

(1) L. B. ALBERTI, *Ludi Matematici*, § VIII [in] *Opere volgari* (1847), Vol. VI, pagg. 415-16.

(2) *Almagestum novum Astronomiam veterem novamque complectens...* Avctore P. JOANNE BAPTISTA RICCIOLLO. Bononiae, ex typographia Haeredis Victorii Benatii, Vol I [libro II, pag. 56, col. 2^a]. MDCLI.

(3) NICOLAI CABEI Ferrariensis Societatis Jesv, *Philosophia Experi-*

obbietta che l'acqua nell'uscire da un recipiente perde di forza di mano in mano che il vaso si vuota e che i corpi pesanti quando cadono, traversano lo spazio con velocità, che aumenta in proporzione della maggiore altezza percorsa. Egli, poi, confessa d'ignorare le cause di questi due fenomeni. Deve qui notarsi che ai tempi del Cabeo erano ancora sconosciute le leggi sulla pressione atmosferica e sulla caduta dei gravi.

Mi sono dilungato assai sulle descrizioni di questi scandagli, perchè essi costituiscono i prototipi di quella classe di simili apparecchi, i quali non àno alcun bisogno di sagolo, principio che venne poi applicato, facendolo passare per nuovo, ne' secoli posteriori.

mentalis sive in II librum Meteorologicorum Aristotelis Commentaria et Quaestiones. Tomus II [pagg. 73-77]. Romae, Sumptibus Josephi Dondini, MDCLXXXVI.





CAPITOLO XIII.

I moti del Mare.

Leonardo creatore della dottrina del moto ondoso: le onde; osservazioni importanti. — Il fenomeno della marea; la teorica di Posidonio; l'influenza lunare. — Opinione di Leonardo sulla origine del flusso e riflusso del mare. — Sua inchiesta mareografica ed osservazioni in proposito. — L'origine delle correnti nei bacini marini intercomunicanti: le correnti nello stretto di Gibilterra. — La grande circolazione delle acque oceaniche. — Modificazione delle linee di spiaggia; azione meccanica delle onde; formazione degli stagni.

RIASSUNTI rapidamente gli accenni che si trovano sparsi nei manoscritti vinciani sulla salsedine, passiamo alla esposizione dei principî di Leonardo relativi alla Oceanografia dinamica, cioè, a quella parte che studia i movimenti della massa delle acque salate. Questi si possono raggruppare in tre tipi: onde, maree e correnti.

I.

Leonardo à creato la dottrina del moto ondoso del mare; le note a noi pervenute ci mettono in evidenza come l'osservazione e la esperienza abbiano condotto il Vinci ad una rappresentazione abbastanza semplice ed evidente di questo fenomeno, la cui teorica per altro è oggetto delle matematiche superiori.

Il Lombardini à fugacemente accennato (1), ed il Cialdi poi (che con grande amore ed intelletto à studiate le note che si trovano sparse nel trattato *Del moto e misura delle acque*) à luminosamente dimostrato come Leonardo per il primo abbia compresa e descritta la genesi e la natura delle onde. Per formarci una idea adeguata delle vedute vinciane sarebbe necessario riprodurre integralmente la memoria del Cialdi (2), ma, per ragioni di brevità, non potendolo fare, mi accontenterò di mettere in evidenza solo alcune proposizioni, quelle che a me sembrano oltremodo importanti:

« L'onda ha moto riflesso, ed incidente: il moto riflesso è quello che si fa nella generazione dell'onda, dopo la percussione dell'obbietto, risultando ed elevandosi l'acqua verso l'aria, nel qual moto l'onda acquista la sua altezza » (3).

« Il moto incidente dell'onda è quello che fa l'onda dal colmo della sua altezza, all'infimo della sua bassezza, quale non è causata da alcuna percussione, ma solo dalla gravità acquistata dall'acqua fuori del suo elemento » (4).

« Quanto più alte son l'onde del mare che l'ordinaria altezza della superficie della sua acqua, tanto più bassi son li fondi delle valli interposte infra esse onde. E quest'è che la gran caduta delle grandi onde, fa gran concavità di valle » (5).

« La valle interposta infra le onde è più bassa che la comune superficie dell'acqua. Questa è manifesta per la passata, e l'esperienza ce lo dimostra, come si vede nell'acqua che ricade a riempire li luoghi percossi dalle cadute dell'acqua » (6).

(1) LOMBARDINI ELIA, *Dell'origine e del progresso della scienza idraulica nel Milanese ed in altre parti d'Italia. Osservazioni storico-critiche*, ecc., III edizione [pag. 33]. Milano, 1872.

(2) CIALDI ALESSANDRO, *Leonardo da Vinci fondatore della dottrina sul moto ondoso del mare* [in] *Rivista Murittima*, Anno VI, fasc. I. Roma, 1873. — L'estratto porta la data del 1872.

(3) DA VINCI L., *Del moto*, ecc. (1826), libro III, cap. XL.

(4) DA VINCI L., *Del moto*, ecc. (1826), libro III, cap. XLI.

(5) Manoscritto F., fol. 25 verso. — *Del moto*, ecc. (1826), libro III, cap. XXX.

(6) *Del moto e misura delle acque* (1826), libro III, cap. XXXI.

A tale meccanismo delle onde, puramente teoretico, Leonardo poi contrappone una definizione essenzialmente pratica:

« L'onda è impressione di percussione riflessa (1).

« L'impeto [cioè, la *propagazione di moto*] è molto più veloce che l'acqua: perchè molte sono le volte che l'onda fugge il luogo della sua creazione, e l'acqua non si move dal sito. A similitudine dell'onda fatta il Maggio nelle biade dal corso de' venti, che si vede correre l'onda per le campagne, e le biade non si movono dal loro sito ecc. » (2).

Tale similitudine, per la sua esattezza, noi troviamo ripetuta ancora da tutti i migliori moderni trattatisti.

La simultaneità di più sistemi di onde non è sfuggita a Leonardo, il quale a tal proposito nota che « l'onda mai è sola, ma è mista di tant'altre onde, quanto son le inegualità che ha l'obbietto, dove tal onda si genera » (3).

Parlando della velocità delle onde scrive che « l'onda è più tarda in cima che ne' lati » perchè « il moto incidente è più veloce che 'l riflesso » (4), anzi « l'onda è più pigra nel fine della sua montata che 'n nessun'altra parte » e « la parte dell'onda che si moverà più presto sarà al fin[e] della sua caduta » (5).

Giustissima è pure l'osservazione che « quell'onda sarà di maggior potenza, quale sarà di maggior velocità, non intendendo maggior potenza, per maggior quantità d'acqua » ecc.

Il fenomeno della precedenza dell'onda sul vento, che à richiamato, per la sua importanza, l'attenzione degli studiosi, venne avvertito pure dal Vinci: troviamo infatti che « alcuna volta son più veloci l'onde che 'l vento, e alcuna volta il vento è molto più veloce che l'onda: e questo provano i naviganti nel mare. [Ma] l'onde più veloci che 'l vento possano

(1) Codice Atlantico, fol. 84, verso a. — Questa definizione è riprodotta nel trattato *Del moto*, ecc. (1826), libro III, cap. III.

(2) *Del moto e misura delle acque* (1826), libro III, cap. VIII.

(3) Codice Atlantico, fol. 84 verso a. — *Del moto*, ecc. (1826), libro III, cap. XIX.

(4) Manoscritto F, fol. 72 recto.

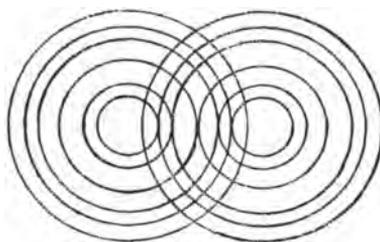
(5) Manoscritto H., fol. 31 recto.

essere per essere cominci[ate] de' [da] gran venti, e 'l vento poi essere allevato, e l'onda avere riservato ancora grande inpeto » (1).

Infine per finire dirò che « tanto fa a muoversi l'onda contro all'altra, quanto a muoversi l'un'onda per se nell'acqua immobile. Questa è manifesta per la dodicesima, e provasi ancora per l'ottava, che dice, molte sono le volte che l'onda fugge il luogo della sua creazione, e l'acqua non si move di sito ecc. » (2).

La *dodicesima* proposizione cui allude Leonardo è certamente la seguente:

« Perchè in tutti i casi del moto, l'acqua à gran conformità coll'aria, io l'[al]leg[h]erò per esemplo alla sopra detta pro-



posizione. Io dico [che] se tu gitterai 'n un medesimo tempo 2 picciole pietre alquanto distanti l'una dall'altra sopra un pelago d'acqua senza moto, tu vederai causare intorno alle due dette percussioni 2 separate quantità di circuli, le quali quan-

tità, accrescendo, vengano a scontrarsi insieme e poi a 'ncorporarsi intersegandosi l'un circolo col l'altro, sempre mantenendosi per cietro i lochi percossi dalle pietre. E la ragione si è che benchè li apparisca qualche dimostrazion di movimento, l'acqua non si parte dal suo sito perchè l'aperture fatte dalle pietre subito si richiuse; e quel moto fatto dal subito aprire e serrare dell'acqua fa in lei un cierto riscotimento che si pò più tosto dimandare tremore che movimento. E chè quel ch'io dico ti si facci più manifesto, poni mente a quelle festuche che per la lor leggierezza stanno sopra l'acqua, che per l'onda fatta sotto loro dall'avvenimento de' circuli,

(1) Manoscritto *F*, fol. 48 verso. — È riprodotto con qualche modificazione nel trattato *Del moto*, ecc. (1826), libro III, cap. IX.

(2) *Del moto e misura delle acque* (1826), libro III, cap. XXI.

non si partan[o] però dal loro primo sito: essendo adunque questo tal risentimento d'acqua più tosto tremore che movimento, non possan per riscontrarsi, rompere l'un l'altro, perchè, avendo l'acqua tutte le sue parti d'una medesima qualità, è neciessario che le parti a[p]pic[c]hino esso tremor l'una all'altra, senza mutarsi di lor loco: perchè stando l'acqua nel suo sito, facilmente pò pigliare esso tremore dalle parti vicine e porgerle all'altre vicine, senpre diminuendo sua potenza, insino al fine » (1).

Quando le onde non ànno per causa efficiente il vento, risulta infatti, che le ondulazioni possono incrociarsi in tutti i sensi, a similitudine di quelle della luce e del suono, senza mai arrestarsi, confondersi, ecc.

La teoria delle ondulazioni, costituisce uno dei più geniali pensamenti di Leonardo: in essa Egli volle unificare i varî fatti della natura, giacchè con perspicacia l'applicò alla propagazione del suono ed anco a quella della luce:

« Si come la pietra gittata nell'acqua si fa cietro e causa di varî circuli, il sono fatto nell'aria, circularmente si spargie. Così ogni corpo posto infra l'aria luminosa, circularmente spargie e enpie le circostanti parti d'infinite sue similitudine, e ap[p]are tutto per tutto, e tutto in ogni parte » (2).

« Benchè le voci che penetrano quest'aria si partino con circulari movimenti dalle lor cagioni, niente di meno i circuli mossi da diversi principi si scontrano insieme senza alcuno impedimento, e penetrano e passano l'uno nell'altro, mantenendosi sempre per cietro le lor cagioni » (3).

(1) Manoscritto A., fol. 61 recto.

Questa annotazione, con parecchie modificazioni di forma, varie trasposizioni ed interpolazioni, forse di altri passi vinciani, costituisce il cap. XII, del Libro III del trattato *Del moto*, ecc. (1826).

(2) Manoscritto A., fol. 9 verso.

(3) Manoscritto A., fol. 61 recto.

II.

« Posidonio... dice che il movimento dell'oceano dipende da quello degli astri, e di esso ha come la luna il periodo d'un giorno, d'un mese e d'un anno: perocchè (dice) quando la luna è al di sopra del nostro orizzonte quanto è grande lo spazio di un segno del zodiaco, il mare comincia a gonfiarsi, ed a diffondersi sensibilmente sul terreno, finchè la luna non sia giunta nel mezzo del cielo: poi quando essa declina, anche il mare si va a poco a poco ritraendo, finchè essa non si trovi ad un segno dal suo occidente. Allora il mare resta ad uno stesso livello infino a che la luna non sia pervenuta al tramonto; e continuando il suo moto al di sotto della terra non siasi discostata di un segno dall'orizzonte. Dopo di che il mare comincia a crescere di nuovo, finchè quella non sia pervenuta a mezzo il cielo dell'opposto emisferio: poi ricomincia da capo a ritrarsi finchè la luna procedendo verso il luogo d'onde ha da sorgere di nuovo, non è venuta a 30 gradi dall'oriente. Allora si ferma di nuovo fin tanto che la luna non sia ascesa 30° al di sopra dell'orizzonte, per poi diffondersi come prima. Questo al dire di Posidonio è il movimento diurno del mare. Rispetto al mensile egli pretende che le maggiori maree accadano al tempo delle nuove lune: che poi diminuiscano fino a che non apparisce divisa in due parti: e poi di nuovo si gonfino fino alla luna piena: quindi ritraggansi fino all'ultimo quarto, per cominciare poi un'altra volta a gonfiarsi fino alla luna nuova. E soggiunge che questi accrescimenti debbono intendersi tanto rispetto alla durata quanto rispetto alla celerità. Finalmente per ciò che riguarda il movimento annuale, afferma di aver sentito dire in Gadi il flusso e riflusso nei solstizi d'estate esser maggiore che in qualsivoglia altra stagione. Donde poi egli stima ch'esso vada diminuendo fino all'equinozio d'inverno: che quindi s'accresca sempre fino al solstizio pure d'inverno, poi diminuisca fino

all'equinozio di primavera, per aumentare di nuovo fino al solstizio d'estate. Ma succedendo queste mutazioni del mare ogni giorno ed ogni notte, giacchè in questo spazio di tempo il mare due volte trabocca e due volte si raccoglie di nuovo dentro il suo letto, e questo ordinatamente ogni giorno e ogni notte... » (1).

È riferito questo intero passo perchè dimostra come Posidonio (circa 135-51 a. C.) — secondo quanto riferisce Strabone (66 a. C. — 24 d. C.) — avesse già esposto un vero abbozzo di teoria sulle maree.

Dell'influenza lunare sulle acque del mare, quale causa del fenomeno in discorso, ebbero poi più o meno vaga nozione la maggior parte degli scrittori. Così, per esempio, Manilio (circa 31 a. C. — 14 d. C.):

« atqui haec seditio pelagi nunc sidere lunae
mota tumet, nunc diverso stimulata recessu » (2),

e Lucano nella *Farsaglia* (X, 204):

« Luna suis vicibus Tety n terraeque miscet ».

E Brunetto Latini:

« E d'altra parte sì vediamo apertamente che la luna per la prossimitade che ella ha con la terra, ella sempre adopera nelle cose che sono qua giuso più apertamente che l'altre.

« Chè quando ella cresce, si conviene che tutte le midolle crescano dentro dall'ossa, e arbori e piante, e tutti animali, e pesci crescono loro midolli.

« E medesimamente lo mare ne cresce: che allora gitta grandissimi frangenti. E quando ella menoma, tutte le cose che sono sopra la terra minomano, e diventano minori che dinanzi » (3).

(1) *Della Geografia* di STRABONE libri XVII volgarizzati da Francesco Ambrosoli, Vol. II [pag. 371]. Milano, 1832.

(2) Citato in UZIELLI, *Toscanelli* (1894), pag. 538.

(3) BRUNETTO LATINI, *Il Tesoro*, ecc., Libro II, cap. XLVII, pag. 365.

Anche Dante ne à una vaga nozione allorquando paragona la instabilità e la leggerezza di Firenze con

“ . . . il volger del ciel della luna
cuopre ed iscuopre i liti senza posa „ (1).

Egli poi (o l'anonimo autore) nella più volte citata *Quaestio* scrive: « Aqua videtur maxime sequi motum Lunae, ut patet in accessu et recessu maris » (2).

Di maggior valore scientifico è certamente il seguente passo di Cecco d'Ascoli:

“ La luna dico per sua forma occulta
Da loriente sin che nel mezo cielo
Tirando mare dretto si londa uolta
Dal mezo cielo fin che in occidente
Cresciel mare per che non ti cielo
Che sua virtu in lui non e si possente
da locidente fin al mezo di sotta
ingonfal mare & uerso la luna alza
dapo si possa fin ala prima orra
lardente sole el sottile resolue
lassandol grosso & pho e laqua salza
Amara si che mai non si dissolue „ (3).

L'influenza della luna sui moti del mare era pure nota all'Alberti, il quale scrive: « io non andrò qui dietro alle cose de' filosofi se e' nasce dal raggio de la luna che il mare per spazio di tempo cresca, e per spazio di tempo scemi ». Anche l'umanista Pontano l'adombra nei seguenti versi:

“ . . . imperium late maris aequor, & ipse
Oceanus undarum rex, ac Maurysia coniux
Attoniti venerantur, & undoso aequore Nereus,
Alternatque sequens fluctus, & temperat aestus,
Dum triviae instabiles servat per tempora currus „ (4).

(1) DANTE, *Paradiso*, Canto XVI, vv. 82-83.

(2) *Quaestio de aqua et terra*, § VII [in] *Opere*, ecc. (1882), Vol. II, pag. 358.

(3) CECCO D'ASCOLI, *Acerba* (1516), fol. 81 recto.

(4) J. J. PONTANI, *De Meteoris* (1539), pag. 20.

Che Leonardo abbia pensato di attribuire all'azione luni-solare la causa delle maree, risulta in modo manifesto dai suoi manoscritti: « se 'l flusso e riflusso nasce dalla luna o sole, ovvero è l'alitare di questa terrestre machina » (1): ed altrove si domanda: « guarda se 'l mare è nella somma crescente, quando la luna è nel mezzo del tuo emisphero » (2); ma si vede che tale teorica non lo soddisfece punto, tanto che Egli imprese a combatterla ed a sostenerne una fondata essenzialmente su concetti ilozoistici:

« *Del movimento del mare ogni 6 ore.*

« Se il caldo move li omori, il freddo li ferma; e dove è maggior freddura lì è maggior fissazioni d'omori.

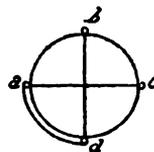
« Se alcuno volessi dire che la luna, aumentatrice del freddo, fusse quella che ogni 6 ore facessi crescere e discredere il mare per le ragioni di sopra assegnate: e' pare impossibile, imperò che la cosa che à similitudine con l'altra, non tira per similitudine, anzi tira per difformità: [così] tu non vedrai il caldo, essendo foco, tirare esso foco, anzi tira freddo e umido; tu non vedi tirare a se acqua da altra acqua » (3).

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 17 verso. — RICHTER, II, § 956.

(2) Codice Atlantico, fol. 162 verso (482 recto). — RICHTER, II, § 955.

A questo passo serve d'illustrazione la seguente osservazione:

« Quando la somma crescente è in *a*, la infima discredente sarà in *d*, e quando la somma crescente fia sotto il *b*, in capo di 6 ore lo spazio *ad* fia equalato: ma quando in capo di 12 ore la somma crescente fia sotto *c*, allora lo spazio *ad* fia immobile: e quando in capo di 24 ore la crescente sarà in *d*, allora sotto *a* fia la somma discredente.



« Se l'acqua, che cresce e discredce nel frusso e refrusso del mare al lito marino, è della vicina a esso lito, o è della remota ».

Codice Atlantico, fol. 182 recto *b*.

(3) Manoscritto *A.*, fol. 57 recto.

Il principio sopra esposto è basato sopra la seguente proposizione di fisica leonardiana:

« Se il caldo è cagione del movimento dell'umido il freddo lo ferma.

« Questo si provo dinanzi per la dimostrazione della region fre[d]da

« *Del flusso e riflusso.*

« Tutti li mari àno il lor flusso e riflusso in un medesimo tempo, ma pare variarsi, perchè li giorni non cominciano in un medesimo tempo in tutto l'universo, conciosiachè quando nel nostro emisperio è mezzogiorno, nell'opposito emisperio è mezzanotte, e nelle congiunzioni orientali dell'uno e dell'altro emisperio comincia la notte che corre dirieto al giorno, e nelle congiunzioni occidentali d'essi emisperi comincia il giorno che seguita la notte dalla sua opposta parte; adunque è conchiuso che, ancora che 'l detto accrescimento e diminuzione delle altezze de' mari sien fatte in un medesimo tempo, essi mostrano variarsi per le già dette cagioni; sono adunque sommerse le acque nelle vene partite dai fondi de' mari, le quali ramificano dentro al corpo della terra, e rispondono al nascimento dei fiumi, i quali al continuo tolgono dal fondo il mare al mare andato; e tolto innumerabili volte nella superfizie un mare al mare. E se tu volessi, che la luna, aparendo all'orientale parte del Mare Mediterraneo, cominciasse ad attrarre a se l'acqua del mare, ne seguirebbe che immediate se ne vedrebbe la sperienza al fine orientale di tal mare predetto. Ancora essendo il Mare Mediterraneo circa alla ottava parte della circonferenza della spera dell'acqua per essere lui lungo 3 mila miglia, e 'l flusso e riflusso non fa se non 4 volte in 24 ore, e' non s'accorderebbe tale effetto, col tempo d'esse 24 ore, se esso Mare Mediterran non fusse lungo semila miglia,

che ferma i nuboli tirati dal caldo elemento. In quanto alla pruova ch' 'l caldo tiri l'umido si pruova così: scalda una am[p]o[!]la, e quella metti in uno vaso colla bocca in giù e poni lì uno carbone infocato e vederai che l'umido, per andare dirieto al caldo, che monterà, enpierà di se l'am[p]o[!]la d'acqua e l'aria si smaltirà per la bocca d'essa am[p]o[!]la ch'era inchiusa nell'amola. Ancora se torrai un pan[n]o bagnato e lo most[r]erai al foco, vederai l'umidità d'esso panno lasciare il suo loco e correre inverso il foco: e quella parte d'esso umido che fia meno materiale si leverà in alto tirato dalla compagnia del foco, che di natura si leva inverso la regione del suo elemento. — Così tira il sole l'umidità in alto „

Manoscritto A., fol. 56 recto.

perchè se lo spogliamento di tanto mare avesse a passare per lo stretto di Gibiltar nel correr dietro alla luna, e' sarebbe sì grande il corso delle acque per tale stretto, e s'alzerebbe in tanta altezza, che dopo esso stretto farebbe tal corso, che per molte miglia infra l'oceano farebbe inondazione e bollimenti grandissimi, per la qual cosa sarebbe impossibile passarvi, e dopo questo subito l'oceano renderebbe colla medesima furia l'acque ricevute, d'onde esso le riceve; ecco che adunque mai si passerebbe per tale stretto; e la sperienza mostra che d'ogni ora vi si passa, salvo che quando il vento vien per la linia della corrente, allora il riflusso forte s'augmenta. Il mare non alza l'acqua nelli stretti che àno uscita, ma ben s'ingorga, e si ritarda dinanti a quelli: onde con furioso moto poi ristora il tempo del suo ritardamento insino al fin del suo moto riflesso » (1).

Io non mi soffermo sulle ragioni che Leonardo adduce per combattere l'attrazione lunare quale causa delle maree (2); il suo pensiero nei due passi citati risulta chiaro ed esplicito. Ciò negato, vediamo di chiarire quali siano le idee propugnate dal Grande. Anzi tutto il Vinci, che abbiamo visto un tempo informare parte delle sue teoriche ai concetti della scuola ilo-zoista, non si perita, come fugacemente accenna parecchie volte, a ritenere il fenomeno in discorso dovuto all'« alitare di questa terrestre machina » (3). Anzi nella pagina del Codice Atlantico qui appresso riprodotta, pagina purtroppo mancante per ora del suo naturale principio, parla a lungo della grandezza, della speciale posizione del polmone della terra e del meccanismo di tale respirazione, mostrando però, a mio modo di vedere, un dubbio sulla offerta interpretazione del fenomeno:

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 6 verso. — RICHTER, II, § 958.

(2) Aggiungi la seguente nota: « la luna non pò muovere il mare, ch'ella moverebbe i laghi ».

Codice Atlantico, fol. 80 recto *b*.

(3) Manoscritto *Leic.*, fol. 17 verso. — RICHTER, II, § 956.

Vedi pure altri accenni nei vari passi addotti nel capitolo sul paragone della terra con gli organismi viventi.

« [...]mente è l'attrazione e respirazione dell'aria nel polmon dell'omo. Ora se l'attrazione dell'acqua, che farebbe la terra in 12 ore col frusso e refrusso, ci potrebbe mostrare la grandezza del polmon della terra in questo modo, dicendo il polmone è un mezzo braccio quadrato, cioè $\frac{1}{8}$ di braccio quadrato, e alita 270 volte per ora, come sarà adunque grande il polmone della terra a alitare una volta in 12 ore?

« Dirai così: 12 vie 270 fa 2940; seguirebbe che il polmon del mondo fussi 2940 volte maggiore che 'l polmon dell'omo, che parti 2940 per l'ottava parte del braccio quadrato, che è il polmon dell'omo, e verrebbe a essere il polmon della terra 367 braccia quadrate e $\frac{1}{8}$, o vogliano che il mare, che nel ponente e in molt'altre parte del mondo, s'innalza 30, 40 e 50 braccia, in tanta larghezza avessi a essere ricevuto 'n un medesimo tempo dove tal fiume, che ringorga 100 miglia del suo corso; che se 'l tal fiume in 50 braccia d'altezza ringorga 100 miglia, in 100 braccia di larghezza alle 50 miglia ella s'alza venti cinque braccia d'altezza, che in 50 miglia son cento 50 migliara di braccia, le quali multiplica per le braccia della larghezza del fiume, che cento vie 15 migliara di braccia fa 15 milion di braccia quadrate solamente 'n un fiume [...], e 'l simile fa nel mar Rosso in 100 miglia di larghezza; or vedi quanto fa nell'Oceano Indico.

« Adunque, tanto d'acqua non riceverà 367 braccia quadrate d'esso polmon, e tale acqua, tirata e sospinta, in 12 ore non po essere riavuta 'n un medesimo tempo dentro alla terra, e in vari tempi ancora non po, perchè chi tira è uno e non più.

[*Colonna destra*]: « Seguita quel che manca di sotto: e chi tira cresce capacità, come fan li ventriculi del core, overo il polmon, che fa a uso di mantace nel suo attrarre l'aria: e in questo caso far non si po, se non istrumentalmente; adunque la terra à polmone, nervi e muscoli e cartilagine dentro a sè; ma tale alitare non po esser fatto senza moto della superficie della terra; e se tu volessi che fussi aria in fralla quantità del polmone e la pariete di dentro della terra, e' sarebbe necessario che nell'accrescimento del polmone l'aria li dessi loco; la qual sarebbe tanta, quant'è la somma dell'acqua, che manca

al mare nel suo frusso; e per questo grandissimo vento uscirebbe, in 6 ore del frusso, uscirebbe della terra, e grandissimo ritornerebbe in altre 6 ore; e questo frusso e refrusso ordinario del mare infra 'l mare darebbe frusso e rifrusso dell'aria in frall'aria, il quale al continuo sarebbe in atto con grandissimo vento, che andrebbe e tornerebbe per un medesimo cammino; come far si vede allo spiracolo della cassa, dov'è rinchiuso l'omo; il qual ben si conosce nel tenere il lume dinanti a esso spiraculo; il qual non fa moto, perchè l'omo nello spirare diminuisce il petto, e l'aria supplisce al vacuo lasciato da esso petto, e nel ritirare il petto cresce e tira l'aria, che di fori caccia; ma la terra non si move come il petto » (1).

Pubblicati tutti i manoscritti e riordinate le singole annotazioni, potendo noi seguire lo svolgimento successivo del pensiero vinciano, forse troveremo che quelle stesse ragioni che indussero Leonardo a mutare radicalmente le proprie convinzioni sulla circolazione sotterranea delle acque furono tali da fargli nascere il dubbio, accennato nel passo testè riprodotto, sulla inefficacia delle cause chiamate a spiegare il fenomeno delle maree.

Come fra poco vedremo, pare che Leonardo ammetta tale fenomeno dipendere da varî fattori. Parlando delle maree di eccezionale ampiezza che si avvicendano lungo i lidi delle Fiandre, per la prima volta — pur dandole il minimo peso — accenna Egli alla azione della luna, riservando però la maggior parte degli effetti al ringorgo delle acque:

« Nelle parti occidentali, appresso alla Fiandra, il mare cresce e manca ogni 6 ore circa 20 braccia, e 22 quando la luna è in suo favore, ma le 20 braccia è il suo ordinario, il quale ordinario manifestamente si vede non essere per causa della luna. Questa varietà del crescere e discredere del mare ogni 6 ore può accadere per le ringorgazioni delle acque, le quali son condotte nel mare Mediterraneo da quella quantità de' fiumi

(1) Codice Atlantico, fol. 260 recto a.

dell'Africa, Asia ed Europa, che in esso mare versano le loro acque, le quali per lo stretto di Gibiltar infra Abila e Calpe promontori rende all'Oceano le acque che da essi fiumi li son dati, il quale Oceano, astenendosi in fra le isole d'Inghilterra e l'altre più settentrionali, si vienè a ringorgare e tenere in collo per diversi golfi, li quali, essendo tali mari discostatisi colla lor superficie dal centro del mondo, àno acquistato peso, il quale poichè supera la potenza dell'avvenimento delle acque che lo causavano, essa acqua ripiglia impeto in contrario al suo avvenimento, e fa impeto contro alli stretti che li davano l'acque e massime fa contro lo stretto di Gibiltar, il quale per alquanto spazio di tempo riman ringorgato e viene a riservarsi tutte l'acque che di novo in tal tempo li son date dalli già detti fiumi: e questa mi pare una delle ragioni che si potrebbe assegnare della causa d'esso flusso e riflusso, come nella 21^a del 4^o della mia teorica è provato » (1).

Con probabilità la proposizione testè ricordata è la seguente, nella quale trovasi appunto esplicata tale teorica:

« *Del frusso e reffrusso del mare e sue varietà.*

« El flusso e refflusso del mare è causato dal corso de' fiumi, che rendano l'acqua a esso mare con moto più tardo ch 'l moto del fiume; e per questo, necessità fa elevare l'acqua in alto. Il qual fiume ricopre il suo corso colla veloce onda refflessa contro all'avvenimento del corso d'esso fiume.

« Corre l'onda del fiume contro al suo avvenimento, quando regna il refflusso del mare.

« El ritornar dell'onda alla riva riacquista po' nuova potenza dall'avvenimento del fiume.

« El flusso e refflusso del mare non nasce dalla luna nè dal sole, ma dall'onda massima, incidente e refflessa.

« Ma perchè la refflessa è più debole che la incidente, essendo privato di restauramento, tal moto titubante si consumerebbe, se non restaurassi coll'aiuto delli fiumi, li quali, es-

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 35 recto. — RICHTER, II, § 960.

sendo prima ringorgati dall'onda incidente del predetto flusso, l'onde di tal ringorgamento di fiume s'aggiugne a esso refluxo, il quale percuote li oppositi liti delle contrapposte isole, e li risalta indietro, e po' ritorna inanti, e così seguita, come di sopra si disse. Questo ci à insegnato la speranza, la quale al continuo si vede in ciascun fiume, e massime nella percussion de' lati de' sua golfi » (1).

*
**

L'effetto dell'attrazione, che si traduce in spostamento d'acqua, è, come ognuno comprende, proporzionato alla massa di liquido che viene attratta: ed a questo proposito Leonardo, quantunque contrario alla teorica luni-solare, osserva che « dove è maggior quantità d'acqua, quivi è maggior flusso e riflusso, e il contrario fa nelle acque strette » (2). Riguardo però alla seconda proposizione ricorderò che l'altezza della marea è in generale tanto maggiore quanto più numerosi e potenti sono gli ostacoli che si parano innanzi al suo progredire. Infatti questo fenomeno, di per se stesso sì complicato, lo diviene ancora maggiormente per il fatto che la superficie del globo è cosparsa, tutt'altro che uniformemente, di continenti e di isole che dividono la distesa delle acque salse in un numero infinitamente grande di bacini di varia ampiezza, i quali ostacolano alle acque quei movimenti che le forze solle-citatrici tendono impartire loro.

L'ampiezza e l'altezza dell'onda di marea su una spiaggia è subordinata alla posizione, al pendio ed alla configurazione sua: quindi risulta infinitamente varia non solo da mare a mare, ma anche ne' diversi punti dello stesso bacino acqueo; ciò non sfuggì a Leonardo, che a tal proposito scrive: « come il flusso e riflusso è vario in diversi paesi e mari » (3).

(1) Codice Atlantico, fol. 281 recto a (21).

(2) Codice Atlantico, fol. 162 verso, 482 recto. — RICHTER, II, § 955.

(3) Manoscritto *Leic.*, fol. 17 verso. — RICHTER, II, § 956.

A questa conclusione Egli certamente pervenne dalla discussione dei dati pazientemente raccolti mediante un'inchiesta, della quale conserviamo un brevissimo accenno, una specie di pro memoria, nella annotazione del Codice Atlantico che suona così: « scrivi a Bartolomeo Turco del frusso e refrusso del mar di Ponto, e che intenda se tal flusso e refrusso è nel mare Ircano, over mare Caspio » (1).

Questa notizia è una di quelle che hanno servito a mettere in luce le relazioni di Leonardo con l'Oriente. Non è certo qui il luogo adatto per parlare del così detto viaggio vinciario in Oriente, di cui tanto scalpore ha menato uno scritto del Richter: il lettore potrà vedere un transunto fedele e completo degli argomenti addotti pro e contro nella lunga discussione insorta nelle eruditissime *Ricerche* dell'Uzielli (2).

Ma ritornando al nostro argomento, dirò che dei dati raccolti a mezzo della inchiesta sopra ricordata, rimangono, a mio modo di vedere, le tracce nelle seguenti annotazioni:

a) Codice *Leic.*, fol. 13 recto (RICHTER, II, § 959):

« Come il flusso e riflusso non è generale, perchè in riviera di Genova non fa niente, a Vinegia due braccia, tra la Inghilterra e la Fiandra fa 18 braccia »;

b) Codice *Leic.*, fol. 35 recto (RICHTER, II, § 960):

« Nelle parti occidentali, appresso alla Fiandra, il mare cresce e manca ogni 6 ore circa 20 braccia, e 22 quando la luna è in suo favore, ma le 20 braccia è il suo ordinario... »;

c) Codice *Leic.*, fol. 27 verso (RICHTER, II, § 1086):

« Come sopra Tunisi è il maggiore riflusso che faccia il mare Mediterraneo che son circa 2 braccia e $\frac{1}{2}$, e a Venezia cala 2 braccia: e in tutto il resto di tal mare Mediterraneo cala poco o niente »;

(1) Codice Atlantico, fol. 260 recto a.

(2) UZIELLI G., *Ricerche intorno a Leonardo Da Vinci*, Serie I, Vol. I, edizione II [pagg. 70-84]. Torino, 1896.

d) Codice *Leic.*, fol. 27 verso (RICHTER, II, § 1071):

« Come in Bordea presso a Guascogna alza il mare circa a 40 braccia pel suo reflusso e 'l suo fiume ringorga l'acque salze più di cento cinquanta miglia, e li navilii che si debbono calafatare, restano alti sopra un alto collo sopra dello abbassato mare »;

e) Codice *Leic.*, fol. 9 recto (RICHTER, II, § 988):

« Il fiume Loira, che passa per la Francia, nell'accrescimento del mare, si copre più di ottanta miglia di paese, perchè è loco di gran pianura, e 'l mare s'alza circa braccia 20... ».

Esaminiamo brevemente i dati contenuti nelle notizie dianzi riportate. — Come tutti sanno, nel canale della Manica, specie lungo la costa bretone-normanna, le maree raggiungono una altezza eccezionale; a Saint Malo, l'altezza media alle sizigie è di metri 11,36 e di 12,30 a Granville, mentre a Cherburg, all'Havre (alla foce della Senna), a Dieppe, a Boulogne, a Calais raggiunge solo rispettivamente metri 5,64, 7,14, 8,30, 7,92 e 6,24; valori ad ogni modo assai rilevanti.

Sulla costa occidentale della Francia prospiciente l'Atlantico da un minimo di metri 2,50 a Baiona, alla foce dell'Adour, si passa Bordeaux, ove l'altezza media risulta di metri 4,50, per crescere ancora a Rojan, alla foce della Gironda (m. 4,70), a St.-Nazaire, alla foce della Loira (5,36), e quindi decrescere di bel nuovo, giacchè a Lorient arriva solo a m. 4,48.

Riguardo al Mediterraneo, *sensu lato*, le oscillazioni in generale sono di poco momento: la loro ampiezza raggiunge un massimo di metri 1,83 a Gerba, e di 1,22 a Sfax, località cui certamente allude Leonardo con la frase « sopra Tunisi »; sulla costa ligure, a Genova assume un valore di cm. 24,0 ed a S. Remo di 11,0: altrove è un po' più accentuata, specie sul lido napoletano: a Venezia si hanno cm. 47,6, e cm. 53,2 a Trieste (1).

(1) GRABLOVITZ GIULIO, *Sulle osservazioni mareografiche in Italia e specialmente su quelle fatte ad Ischia* [in] *Atti primo Congresso Geogr. Italiano*, Vol. II, Parte I [pagg. 7-36]. Genova, 1894.

Senza voler discutere il valore assoluto dei dati recati da Leonardo, noi possiamo dire che, ad eccezione di quelli relativi alla foce della Loira ed a Bordeaux, essi si accostano ai valori determinati a mezzo delle più scrupolose osservazioni fatte ai nostri dì, e che in linea generale l'andamento del fenomeno è messo giustamente in luce. Ciò comprova come Leonardo abbia proceduto con molta accuratezza nella inchiesta accennata, inchiesta molto difficile a compiersi specie in un paese lontano dai grandi centri marittimi, tanto più che anche attualmente per il Mediterraneo — il mare attorniato dalle più colte nazioni d'Europa — mancano per molte località importanti gli elementi necessari allo studio del fenomeno delle maree.

Le cifre relative all'altezza della marea alla foce del fiume Loira ed a Bordeaux sono, come ò detto, esagerate; ma è notevole in dette notizie l'osservazione sui fenomeni che provoca il flusso del mare, la cui onda, sappiamo, può rimontare i fiumi fino a grande distanza dalla foce (anche alcune centinaia di chilometri), sì come una vera onda di translazione, la quale si spinge con formidabile furore, costituendo una vera diga mobile che può raggiungere parecchi metri d'altezza.

III.

La grande massa delle acque marine, oltre che da movimenti periodici, le maree, è animata da altri moti più o meno evidenti e noti che costituiscono « le correnti », per le quali « l'acqua si move infra l'acqua con quella facilità che l'aria si move infra l'aria, benchè sia più f [...], come si vede ne' circoli » (1).

(1) Codice Atlantico, fol. 215 verso *d*.

Al fol. 148 verso *a*, di tale manoscritto, trovasi una analoga proposizione:

Le cognizioni sull'andamento e sulla esistenza delle correnti si trovano allo stato embrionale presso gli antichi scrittori, essendo esse in modo speciale rilevate dalla navigazione: ora siccome questa era quasi esclusivamente limitata al solo Mediterraneo, ne derivavano conoscenze molto imperfette su tali movimenti e non riguardanti la grandiosa circolazione oceanica, ma solamente quella di relazione tra bacini intercomunicanti, e specie tra mari interni ed oceani, come venne espresso da Leonardo: « la corrente non è se non ne' mari che conferiscano a l'oceano: il mare Caspio, nè paludi non ànno corrente » (1).

Considerando che le acque de' singoli bacini per molteplici fattori geografici e climatologici, non forniscono all'atmosfera la stessa quantità di vapori, ne viene che quelli soggetti ad una maggiore evaporazione, subiscono un abbassamento di livello, provocante a sua volta un afflusso di acqua dal bacino meno vaporifero. Così pure si nota un innalzamento di livello nel mare entro cui i fiumi scaricano una maggiore quantità d'acqua, il che dà luogo ad un afflusso di acque dal bacino più piovoso a quello meno: effetto che si sommerà o si differenzierà, a seconda dei casi, con quello provocato dalla evaporazione. Prevalendo ora l'immissione di acque dolci, ora la evaporazione, avremo una più o meno marcata differenza di salsedine, e quindi di peso, per cui si stabilirà un apposito sistema di correnti: una superficiale che muove dal mare avente densità minore e si rovescia sull'altro: la seconda, profonda, che esce invece dal bacino che racchiude acqua più densa per scaricarsi nell'altro. L'essenza di questo meccanismo si trova egregiamente espressa da Leonardo nella propor-

“ Il moto dell'acqua infra l'acqua fa come il moto dell'aria infra l'aria „

In altri passi Leonardo ricorre a tale analogia; così, per esempio:

“ Il vento è in tutto simile nel suo movimento a quello dell'acqua „
(Manoscritto A., fol. 60 recto).

“ In tutti i casi del moto l'acqua à gran conformità coll'aria „ (Manoscritto A., fol. 61 recto).

(1) Codice Atlantico, fol. 215 verso d.

zione: « se la fortuna del mare corre di sopra per levante, correrà di sotto per ponente » (1).

Tale appunto è la causa delle correnti che si verificano nello stretto di Gibilterra: l'acqua proveniente dall'Atlantico forma la corrente superficiale, quella uscente dal Mediterraneo la profonda.

Però Leonardo, nel seguente passo, attribuisce solo alla maggiore quantità d'acqua versata dai fiumi che sfociano nel Mediterraneo, rispetto a quella de' corsi d'acqua che sboccano nell'Atlantico, lo stabilimento delle correnti che si riscontrano in detto stretto:

« Perchè è maggiore sempre la corrente di Spagna inver ponente che per levante.

« La ragion si è che se tu metterai insieme le bocche de' fiumi che mettano in questo mare Mediterraneo, tu troverai essere maggiore somma d'acqua che quella che versa esso mare per lo stretto in nell'oceano mare. Tu vedi l'Africa scaricare i sua fiumi, che corrano a tramontana, in esso mare, infra e quali è il Nilo, che riga 3000 miglia dell'Africa, evvi il fiume Bragada e 'l Mauretano e altri simili; l'Europia vi versa il Tanai e 'l Danubio, il Po e 'l Rodano, Arno e Tevere; si ch'è chiaro questi fiumi, insieme con infiniti fiumi di minor fama, fano maggiore larghezza e profondità e corso, e non è il mare stretto 18 miglia, che ne l'ultima terra di ponen[te] divide l'Europa da l'Africa; e se tu volessi dire che i fiumi che versano nell'oceano fussino altrettanti, cierto i prenomina[ti] fiumi anno quasi tutti origine dai monti vicini a esso oceano, e se essi monti vi versano, alcuno fiume no sarà, per la sua vicinità, di tanto corso come il Nilo e Danubio, e se pure vi sarà similitudine, pensa che essi fiumi, versando nello oceano, gli possano dare poco aumento, che ristori la corrente inver levante, senza che sempre se ne leva in ne le nuvole maggior soma che quella che vi mettano i fiumi, i quali nuboli stringendosi primano l'aria co veloce moto in fra l'altra aria, a similitudine d'una mano che premessi una spugna d'acqua

(1) Codice Atlantico, fol. 215 verso d.

infra l'altra acqua, che quella che fugie si fa dare loco all'altra » (1).

L'importanza non solo teorica, ma eziandio pratica, che avevano allora le conoscenze relative alle correnti che si avvicendano nello stretto di Gibilterra, era grandissima: ed è forse per ciò che Leonardo fu condotto ad occuparsene di preferenza: nei suoi manoscritti infatti troviamo quest'altra considerazione:

« *Perchè il mare fa la corrente nello Stretto di Spagna più ch'altrove.*

« Il fiume d'eguale profondità a[v]rà tanto più fuga nella minore larghez[z]a che nella maggiore, quanto la maggiore larghez[z]a avanza la minore.

« Questa proposizione si prova chiaramente per ragione conferma[ta] dalla isperienza. Imperoc[c]hè quando per uno canale d'uno miglio di larghez[z]a, passerà uno miglio di lung[h]ez[z]a d'acqua, dove il fiume fia largo cinque migli[a] ciaschuno, ciascun de' 5 migli[a] quadri metterà $\frac{1}{5}$ di se per istaurare 'l miglio quadro d'acqua mancato nel pelago. E dove il fiume fia largo 3 miglia, ciaschuno d'essi migli quadri metterà di se lo terzo di sua quantità, per lo mancare che fecie il miglio quadro dello stret[to], come si dimostra in *f, g, h* per lo miglio *n* » (2).



Seguono quindi alcuni esempi, che non credo utile riportare, giacchè non apportano luce alcuna sul pensiero vinciano chiaramente formulato ed illustrato nella nota citata; aggiungerò solo che la stessa causa propugna Leonardo allorquando vuole spiegare l'origine delle correnti che si avvicendano nello stretto di Messina: « per lo stretto di Sicilia » scrive « la corrente è grandissima perchè di lì passano tutte le acque dei fiumi che versa[no] nel mare Adriatico » (3).

(1) Codice Atlantico, fol. 215 verso *d*.

(2) Manoscritto *A.*, fol. 57 recto.

(3) Manoscritto *Leic.*, fol. 13 recto. — RICHTER, II, § 959.

*
* *

Ma di ben maggiore importanza sono le correnti permanenti, che mantengono la superficie degli oceani in una generale circolazione, per la quale le acque si rimutano continuamente ed incessantemente mediante correnti di acque di densità, di salsedine e di temperatura diverse, le quali si muovono nel liquido elemento sì come i fiumi nel proprio letto, seguendo, in linea di massima, direzioni determinate.

Ma qual'è la causa ritenuta da Leonardo atta a spiegare tale circolazione oceanica? — Il pensiero suo è chiarito dalle seguenti proposizioni:

a) Manoscritto *E.*, fol. 12 recto.

«L'acqua delli mari equinoziali è più alta che le acque settentrionali ed è più alta sotto il corpo del sole che in nessuna parte del circolo equinoziale — come si sperimenta sotto il calore dello stizzo infocato, l'acqua che mediante tale stizzo bolle e l'acqua circostante al cietro di tal bollire senpre disciende con onda circolare, e come l'acque settentrionali son più basse che li altri mari, e tanto più quanto esse son più fredde insin che si convertano in diaccio ».

b) Manoscritto *F.*, fol. 70 verso. — *Della natura e moto dell'acqua* (1826), Libro I, cap. XXIX, pag. 285.

« Il mare sotto lo equinoziale s'inalza per lo caldo del sole e piglia moto da ogni parte del colle over parte dell'acqua che s'inalza per raguagliare e restaurare la perfezione e la sua sfera ».

c) Codice Atlantico, fol. 367 [in] VENTURI, *Essai*, ecc. (1797), § IV, pag. 12.

« L'eminenza acquosa prodotta dal calore del sole si muove con moto circolare: essa percorre ciascun ora circa un migliaio di miglia ».

Noi abbiamo così esposta nelle sue linee generali la teorica sostenuta dal Maury, secondo la quale i movimenti del mare

ritraggono loro esclusiva causa dalle differenze di temperatura e di salsedine, ossia di densità, analogamente a quanto si verifica nell'atmosfera.

IV.

Trascurando per ora le mutazioni che possono avvenire sul fondo del mare, a grande distanza dalle spiagge, prendiamo brevemente in esame quelle che l'acqua induce o sulle coste stesse od in loro prossimità.

Le modificazioni della linea di contorno della terra emersa vengono causate dall'azione dell'acqua in moto, la quale corode le coste e rimaneggia in modo continuo i materiali fluitati dalle acque correnti, oppure divelti dall'azione delle onde. Limitandoci a prendere qui in esame solo quanto appartiene al soggetto del presente capitolo, dirò che Leonardo così considera l'azione meccanica del moto delle onde sui materiali che si trovano sulle spiagge:

« Tutte l'uscite dell'acqua dal monte nel mare portan con seco li sassi del monte in esso mare, e per l'innondazione dell'acque marine contro alli sua monti, esse pietre eran ributtate inverso il monte, e nell'andare e nel ritornare indietro delle acque del mare, le pietre insieme con quella tornavano, e nel ritornare li angoli loro insieme si percuoteano, e come parte meno resistente alle percosse, si consumavano e facean le pietre senza angoli, in figura rotonda..... » (1).

*
*
*

Le onde, travolgendo i materiali detritici ed inegualmente depositandoli, danno luogo alla formazione di banchi e cordoni litorali, causa degli stagni, i quali generalmente comunicano con il mare mediante uno stretto canale:

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 31 verso. — RICHTER, II, § 978.

« Perchè li stagni son generati presso al mare e perchè le lor gran dilatazioni versano in mare per sì stretto canale dai lati del quale è fatti sì grande argine infra se e 'l mare.

« Le fortune del mare gittano a riva gran quantità di rena, la qual s'innalza per tutta essa riva così sopra la bocca dello stagno, come altrove; e, cessato la fortuna, la bocca dello stagno riman c[h]iusa della predetta materia gittata dal mare, e l'acqua che lo stagno recieve da' circostanti fiumi non trovando più esito, si va inalzando, e acquistando peso e potenza, e così, o rompe l'argine interposta infra se e 'l mare, o ella traboca di sopra, e col suo versamento consuma tanto di tale argine quante essa tocca, e tanto persevera tal corso che ella sconbra dinanzi a se tutta quella materia che proibiva il suo necessario isgonbramento.



« Ed altro non consuma, se non tanto quanto bisogna, e nel principio allarga assai, perchè l'acqua che versa sopra la cusa (1) della bocca è sottile, e nel fine si ristringe il corso di tale acqua, perchè tal corso s'è fatto più grosso per l'acquistata profondità. E quest'è la causa che tale uscita delli stagni in mare senpre è stretta » (2).

(1) La parola "cusa", il Ravaisson Mollien trascrive poi liberamente per "la causa". Nel trattato a stampa è interpretata invece come "chiusa", — ciò che a me pare giusto.

(2) Manoscritto F., fol. 40 verso.

Questo passo costituisce il cap. XXXII [pagg. 286-87] del trattato *Del moto e misura dell'acqua* (1826).





CAPITOLO XIV.

I vulcani ed i terremoti.

Origine dei movimenti sismici. — L'esplosione delle mine e gli effetti dei terremoti. — Il disastroso parossismo di Rodi del 1481. — L'invenzione del tremoscopio. — Una catastrofe sismica nelle Alpi. — I terremoti quali agenti modificatori della interna circolazione delle acque e della crosta terrestre. — Cenni sui vulcani e sul vulcanismo.

L EONARDO DA VINCI, meraviglioso autodidatta, riescì a concezioni scientifiche veramente grandi allorquando Egli, dall'osservazione diretta dei fenomeni, passò allo studio delle cause, alla investigazione delle leggi: le osservazioni fatte specie nella bassa Lombardia, ove le formazioni sedimentarie recenti sono quasi esclusivamente rappresentate, lo portarono di necessità ad assegnare all'acqua la massima importanza quale agente degradatore e ricostruttore delle forme e delle masse continentali, ed a trascurare quasi completamente quelle forze di origine interna, capaci di immani effetti, le quali presiedono ai fenomeni vulcanici e sismici ed alle lente oscillazioni del suolo.

Se Leonardo avesse potuto da vicino osservare un vulcano, se Leonardo avesse potuto assistere alla eruzione di Monte Nuovo, avrebbe certamente introdotte le forze endogene nel suo sistema geologico, e ad esse dato il vero posto che loro spetta.

Abbiamo a lungo parlato delle idee di Leonardo sulla circolazione sotterranea delle acque, paragonata dapprima a quella del sangue nel corpo umano: abbiamo pure visto come in seguito, cambiata opinione, abbia assegnato un ufficio veramente importante ai vapori, alla cui tensione infatti attribuisce la causa dei terremoti. Dopo aver parlato della origine delle fonti, sì come provenienti dal condensamento delle acque nel modo istesso con cui procede la funzione di un lambicco, aggiunge: « ma quando le gran freddure ricacciano il caldo inverso il centro del mondo, allora esso caldo si fa più potente, e leva maggior vaporazione delle antedette acque, le quali vaporazioni riscaldando le caverne, ove s'aggirano, non possono comporre le acque, come far soleano, come si vede nel far dell'acquavite, che se il transito della vaporazione del vino non passasse per l'acqua fresca, la detta vaporazione mai si farebbe in acquavite, ma ritornerebbe indietro, ed in fine tanto si condenserebbe, che romperebbe ogni ostacolo. Così diremo dell'acqua riscaldata nelle viscere della terra, la qual per non trovare nel suo transito luoghi di quella freschezza, che a lei si conviene, non si compone in acqua, come prima faceva, ma si condensa, e s'indurisce a similitudine del fuoco moltiplicato, e condensato dentro alla bombarda, che si fa più duro, e più potente, che essa materia, che lo riceve, onde se non ha subito esalazione, immedie se la procaccia rompendo, e rovinando ciò che s'oppono al suo accrescimento; così fa la detta vaporazione dell'acqua, rompe dentro alle viscere della terra in diversi luoghi raggirando, e romoreggiando con gran tumulto, e al fine perviene alla superficie della terra, la quale con gran terremoto scuote le regioni, e spesso rovina li monti, e profonda le città e paesi, in diversi luoghi, e con gran vento esce per le già fatte rotture della terra, e così tale esalazione consuma la potenza di se stessa » (1).

L'assegnare quale causa dei terremoti la tensione degli interni vapori, rappresenta un fatto di non poca importanza nella

(1) L. DA VINCI, *Della natura, moto e peso dell'acqua* (manoscritto), fol. 107 verso - 108 recto.

storia delle scienze. Questa teorica — poeticamente espressa dal Tasso nei noti versi

. trema la terra
Quando i vapori in sen gravida serra

— fu propugnata da Aristotele ed assai accettata non solo nell'antichità e nel medio evo, ma anche da molti geologi moderni.

La teorica propugnata da Leonardo sulla origine dei movimenti sismici, deve certamente essere dal suo Autore stata abbandonata, allorquando Egli rigettò quei concetti sulla interna circolazione delle acque, sui quali essa à suo esclusivo fondamento. In un foglio del Codice Atlantico troviamo una proposizione in cui si accenna ad un'altra teoria sui terremoti, reputandoli dovuti a venti sotterranei: allo stato attuale delle cose è impossibile il poter stabilire se le idee svolte in tale passo siano anteriori o posteriori a quelle racchiuse nel brano su cui prima ci siamo soffermati. Ecco ad ogni modo il passo in discorso:

« Le ruine de' monti sopra i lochi cavernosi serran l'aria delle lor cav[e]rne, la qual, per fuggire, rompe la terra, e genera li tremoti. Dice l'avversario questo non potere essere, perchè o e' cade tutto il monte, che copre la caverna, o e' cade sol la parte di dentro: e se cade tutto, allora l'aria premuta fugge per l'apertura della scoperta spelonca: e se cade sol la parte di dentro, allora l'aria premuta refugge nel vacuo che di se lascia la terra che cade » (1).

A venti sotterranei attribuisce pure la cagione dei terremoti Cecco d'Ascoli:

Lincusi venti che non posson uscire
for dela terra moti dal saturno
fanno gli terremoti a noi sentire... (2)

E così Brunetto, dopo aver spiegata l'origine delle sorgenti termali, aggiunge:

(1) Codice Atlantico, fol. 289 verso b.

(2) CECCO D'ASCOLI, *Acerba* (1516), Libro I, fol. 22 recto.

« E quando quel vento dibotta l'aere ch'è rinchiuso per quelle caverne, egli fa dibattere l'acqua e la terra di tal forza e di tale virtude, che conviene per quello dibottamento, che la terra rompa e fracassi, sì che l'aere n'esca fuori. Ed allora conviene che la terra caggia, e affondi con tutte le mura e con tutti gli [e]dificii che vi sono sopra. Ma se la terra è sì grossa e sì forte ch'ella non fenda, allora conviene per vera forza di quello dibottamento dell'aere, e delle vene dell'acque che sono a distretta là dentro, faccia tremare e muovere tutta la terra che v'è d'intorno, e li [e]dificii che vi sono sopra » (1).

E Ristoro d'Arezzo, accennata la causa efficiente dell'interno calore (2), riattacca l'origine del terremoto alla cagione istessa che produce le termali:

« ... Lo quale [terremoto] s'ingenera nel ventre della terra. Onde volendo noi cercare la cagione, che fa tremare la terra, troviamo una ventosità che s'ingenera nel ventre della terra, com'ella s'ingenera nel corpo dell'animale. E già avemo trovati forati nella terra, che continovamente n'uscita fuori lo vento: e significazione di questa era, che quando li ponea alcuna cosa levavala su e gittavala via: e questi forati erano molti. E in quelle contrade erano bagni: onde, entrando lo calore del sole entro per lo corpo, lo quale ha à risolvere l'umidità in vapore, risolve l'umidità della terra e diventane vapore ventoso, lo quale è racchiuso nella concavità della terra; e moltiplica per lo calore del sole: vi cresce entro, sì che non vi può stare: e anche può essere mosso dalla virtù del cielo: onde, non potendovi istare, combatte colla terra

(1) BRUNETTO LATINI, *Il Tesoro*, ecc., Libro II, cap. XXXVI, Vol. I (1878), pag. 319.

(2) « E troviamo fuoco ardere sotto terra, e uscirne fiamma e fumo fuori della terra: e la cagione di questo si è, che il calore del sole entra per lo corpo della terra, e anche quello dell'altre stelle, troua la mineria del zolfo, la quale è esca del fuoco, e è acconcia a ricevere lo fuoco: per lo calore del sole scaldasi per lungo tempo e accendesene lo fuoco; e quando questo fuoco troua la terra aperta e forata, vediamne uscire fuori lo fumo e pe istagione la fiamma... ».

RISTORO D'AREZZO, *La Compositione*, ecc. (1859), pagg. 116-17.

per uscire fuori, e se truova la terra dura e soda, levala su e giù, e falla tremare, e insolliscela ed escene fuori; e se la truova arenosa e solla, escene fuori senza tremuoto... » (1).

Ricorderò di passaggio come lo sconcio paragone fatto da Ristoro ricompaia nel Commento sopra le Meteore d'Aristotele di Nicolò Vito di Gozze, il quale appunto per dimostrare la veridicità della teoria sui terremoti propugnata dallo Stagirita, parlando delle stagioni e delle epoche in cui più frequentemente sogliono le commozioni telluriche farsi sentire, non si perita di scrivere che: « ne' tempi ancora molto piovosi suol tremare la terra; perchè le viscere della terra, hauendo dentro dell'essalationi, sopra gionte poi dalla molta pioggia, quelle nell'angustia di luogo ristrette, volente essalar fuori, commuovono quella; e di tutto questo manifestissimo segno la verità, noi stessi isperimentiamo nel corpo nostro: perchè del nostro tremore, o polso, la causa è lo spirito, dico vento rinchiuso dentro di noi (parlo del tremore e polso violento e non naturale) tra i pori del nostro corpo: perchè si suol spesso per virtù del nostro calor naturale far certe ventosità della materia flemmatica e secca, la qual rinchiudendosi ne i pori del membro, e domandando l'esito fanno tremar e saltar quello... » (2).

*
**

Ma, tornando a Leonardo, aggiungerò che nel passo riportato a pag. 192 trovasi allo stato rudimentale accennato il paragone del terremoto con gli effetti della esplosione della polvere, paragone che vediamo svolto poi con maggiore ampiezza da parecchi. Cardano infatti scrive a tal proposito:

(1) RISTORO D'AREZZO, *La Compositione*, ecc. (1859), pagg. 115-16.

(2) *Discorsi di M. NICOLÒ VITO DI GOZZE, gentil Hvomo Raguseo,...* *Sopra le Metheore d'Aristotile, ridotti in dialogo, & diuisi in quattro Giornate...* [fol. 85 verso - 86 recto]. In Venetia, MDLXXXV. Appresso Francesco Ziletti.

« Fit autem cum materia que uri apta est, uritur, sulphur, sal nitrum, seu halinitrum, & bitumen. Cum enim haec accenduntur, nec exitum inveniunt, ut in cuniculis, machinisve, terram movent, & quatiunt, pessime quidem halinitro, mediocriter bitumine, tenuiter sulphure » (1).

E Vannuccio Biringuccio, nella sua opera *Pirotechnia*, che ebbe l'onore di sì tante edizioni, paragona egli pure i terremoti all'esplosione della polvere, parlando della quale, così si esprime: « Atteso che con l'operatione di essa si rappresentano li più formidabili effetti del cielo, con li quali, ben spesso con eccessivo danno & offesa delli huomini si prouano come se in quelli fussero repentini fulgori, o spauentosi terremoti... » (2). Il quale concetto egli più volte nel suo scritto ripete, fra cui in un altro passo che amo ricordare: « Appresso alli mirabili effetti delle artiglierie, non ci si dimostrano esser minori, ne di manco nella consideratione, horribili quelli, che fa la poluere con il fuoco nelle mine sotterranee, li quali ueramente, non solo sono simili alli spauentosi terremoti naturali, ma potesi anco dire, che questi del l'arte con maggiore effetto di gran longa quelli della terra trapassino... » (3).

Non mi dilungherò su questo argomento tanto importante per la sismologia, avendone con diffusione parlato in altro mio lavoro (4); tuttavia mi sarà permesso aggiungere che Bernardino Telesio (1508-88) attribuì il terremoto a vapori generati nell'interno della terra: questi, occupate le cavità, fareb-

(1) HIERONYMI CARDANI, Mediolanensis Medici, *De Subtilitate libri XXI*. Iam antehac, ab ipso authore plusquam mille locis illustrati, nonnullis etiam cum additionibus. Nunc iterum de novo correcti & hac forma editi: una cum Apologia adversus calumniatores, quavis horum librorvm aperitvr [Libro II, pagg. 101-102]. Basileae, Impensis Henric Petrinorum, Anno MDCLXIV.

(2) *Pirotechnia* del S. VANNUCCIO BIRINGUCCIO... Nvovamente corretta, et ristampata & [pag. 315 recto]. In Vinetia, Appresso P. Gironimo Gilio, e compagni, MDLIX.

(3) BIRINGUCCIO V., *Pirotechnia*, ecc. (1559), pag. 326 recto.

(4) BARATTA M., *Appunti storici sulle teorie sismochimiche* [in] *Bollettino della Società Geologica Italiana*, Vol. IX [pagg. 437-55]. Roma, 1890.

bero impeto per aprirsi una via, siccome la polvere quando si infiamma (1).

*
*
*

Nella seconda metà del secolo XV, l'Italia settentrionale e centrale attraversò un periodo abbastanza accentuato di manifestazioni sismiche, che causarono danni più o meno gravi agli Abruzzi, alla Toscana, all'Umbria, alla Romagna, alla Emilia, alla Lombardia ed al Veneto (2). Di tutti questi terremoti nessun cenno è rinvenuto nei manoscritti leonardiani fino ad ora pubblicati: forse però le disastrose conseguenze dei più intensi parossismi hanno richiamata l'attenzione del nostro Grande, giacchè sotto ad un piccolo disegno rappresentante alcuni archi, trovasi scritto « del riparo a terremoti » (3).



Fra le note vinciane abbiamo invece la seguente notizia relativa ad un disastroso terremoto accaduto in Rodi:

« Nello ottanta 9 fu uno terremoto nel mar di Atalia presso a Rodi, il quale aperse il mare, cioè il fondo, nella qual apertura si sommerse tanto diluvio d'acque, che per più di 3 ore si scoperse il fondo del mare dall'acque, che di quivi si spogliarono, e poi si richiuse al primo grado » (4).

Con l'anno 89 Leonardo vuole con ogni certezza alludere

(1) TELESIO B., *De his quae in aëre fiunt, & de terremotibus* [in] *Bernardini Telesii Consentini, Varii de Naturalibus rebus Libelli ab Antonio Persio editi* [pag. 20 recto-verso]. Venetiis, MDXC, apud Delicem Valgrisium.

(2) Per tutti questi terremoti confronta: BARATTA MARIO, *I terremoti d'Italia*, Saggio di storia, geografia e bibliografia sismica italiana. Torino, 1901. Fratelli Bocca, editori.

(3) Manoscritto A., fol. 51 recto.

(4) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 verso. — RICHTER, II, § 1101.

Riguardo a Rodi nel ms. L (fol. 1° verso, copertina) trovasi la seguente annotazione: « Rodi à dentro 5000 case ».

al 1489, ed Attalia, secondo alcuni geografi (1), corrisponde alla moderna Adalia, che si trova sulla costa della Panfilia, a circa 240 chilometri ad oriente di Rodi.

Il Richter identifica tale terremoto con uno che appunto nell'anno 1489 dell'Era volgare, ossia nell'867 della maomettana, viene segnalato in un manoscritto arabo appartenente al Prof. Schefer, membro dell'Istituto di Francia, contenente un elaborato catalogo dei terremoti d'Oriente. Però il luogo quivi accennato, come particolarmente danneggiato, sarebbe la fortezza di Kerak, in Palestina. Data la precisa coincidenza della data il Frizzoni (2) ritiene probabile che gli effetti di tale terremoto si sieno estesi fino al golfo di Adalia ed a Rodi. A mio credere invece la notizia leonardiana si riferisce al terribile periodo di convulsioni telluriche che afflisse l'isola di Rodi dal 15 marzo al 19 dicembre 1481, descritto con molta copia di particolari dal Coronelli e Parisotti (3), i quali appunto ricordano, fra i vari fenomeni verificatisi in tale lugubre occasione, quelli terribilmente grandiosi presentati dal mare.

L'errore di data — che a me non sembra imputabile ad erronea trascrizione per parte del Richter, essendo pure medesimamente riportato tale passo al fol. 41° recto della copia manoscritta del trattato *Della natura, moto e peso dell'acqua*, già molte volte citata — non deve recar meraviglia alcuna a chi è un po' pratico della cronistoria dei grandi avvenimenti tellurici, tanto più che la notizia in discorso deve essere giunta a Leonardo di seconda mano, forse a mezzo di qualcuno de' corrispondenti suoi nell'Oriente, de' quali ò altrove accennato.

*
**

Ò accuratamente esaminato i manoscritti vinciani sperando di poter in qualche pagina trovare, fra i numerosissimi e sva-

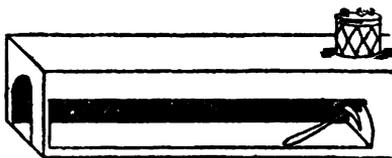
(1) RICHTER, *The Literary Works*, ecc. (1883), Vol. II, pag. 266, nota.

(2) FRIZZONI GUSTAVO, *Delle relazioni di Leonardo Da Vinci coll'Oriente* [pagg. 12-13]. Milano, 1884. Coi tipi della "Perseveranza".

(3) Trovasi integralmente riprodotta nell'Appendice IX.

riati apparecchi descritti, inventati o perfezionati da Leonardo, qualche accenno ad un istrumento atto a fare qualche osservazione sopra i terremoti, tanto più che il popolo nelle regioni più frequentemente colpite, da tempo immemorabile soleva usare, a tale riguardo, oggetti posti in bilico, bicchieri ricolmi ed altri simili mezzi dei quali ò altrove parlato (1). Invece nulla di tutto ciò, tranne l'accenno e la figura di un *tremitoscopio* militare.

« Se tu vuoi sapere dove una ca[va] faccia suo corso, metti uno tanburo in tutti quelli lochi, dove tu sospetti si facci la cava, e sopra detto tanburo metti uno pa[jo] di dadi, e quando sarai apresso al loco dove si cava, i dadi risalteranno alquanto sopra del tanburo per lo colpo che si da sotto te[r]ra nel cavare del te[r]reno » (2).



Il gesuita Francesco Maria Grimaldi (1618-63) questa istessa esperienza invoca per dimostrare la facilità della trasmissione de' suoni da una forza debolissima, dottrina che egli validamente propugna: « Fertur consuetum esse militibus, vt si quando explorare voluerint aduentum hostilis equitatus tympanum in plano terrestri erectum obseruent, animadvertentes vtrum talus, aut aliud quid impositum pelli tympani, subsultet ob tremorē scilicet ipsius pellis in tympano bene tensae: quia nimirum id eis signum est, terram equorum aduenientium pedibus pulsata, & tremere ipsam, & tremorem consequenter impertiri tympano ipsi terrae imposito » (3).

(1) BARATTA MARIO, *Ricerche storiche sugli apparecchi sismici* [pagine 4-5]. Roma, 1896.

(2) Manoscritto N° 2037 (Italia) della Biblioteca Nazionale di Parigi (già Ashburnham $\frac{1875}{I}$) fol. 1 recto.

(3) *Physico-Mathesis De Lumine, Coloribus et Iride*, aliisque sequenti pagina indicatis... [pag. 387, col. II]. Bononiae, MDCLXV, ex typographia Heredis Victorij Benatij.

Questo tremitoscopio militare venne perfezionato dal Grimaldi per riconoscere i minimi tremiti di un edificio prodotti da colpi non più intensi di quelli impressi da un semplice maglio di legno, anche a notevole distanza, sulla terra:

« Solum adverto posse subtilius agnosi tremorem praedictae pellis in tympano, si illi imponatur aliquod speculum, a quo lumen aliquod reflectatur ad magnam distantiam, huiusmodi enim lumen reflexum, & super aliquo corpore distante praesertim candido terminatum, suo tremore notabilius indicabit tremorem speculi, & consequenter etiam tympani. Hoc artificio vsus agnovi totum aliquod ingens aedificium tremere, eo ipso quod tellus in aliqua notabili ab eo distantia percutiebatur graui quodam malleo ex ligno, qualis adhiberi solet dum ligna scinduntur cuneis ferreis per vim intrusis » (1).

Tale disposizione ottica, come ognuno vede, prelude ai moderni sistemi usati negli strumenti di misura per ricerche e studi di precisione.

*
* *

La moderna geologia giustamente considera i fenomeni sismici fra gli agenti modificatori della crosta terrestre. A tutti è noto che in occasione di parossismi violenti si determinano spaccature più o meno profonde e numerose nel suolo, si creano eminenze od avvallamenti, si mutano i corsi de' fiumi e de' torrenti, si dà luogo alla formazione di laghi, ecc. ecc. Per l'alterata compagine degli strati alcune sorgenti inaridiscono, altre prorompono impetuose, e nuove fonti infine vengono qua e là alla luce. L'influenza che hanno i terremoti sulla interna circolazione delle acque costituisce uno dei fenomeni non solo più noti nell'antica sismologia, ma anche più accertati dai moderni studi. E Leonardo nota a tal proposito:

« Come son vene che per terremoti, o altri accidenti subito

(1) GRIMALDI F. M., *Physico-Mathesis de Lumine*, ecc. (1665), pagine 387-88.

nascono, e subito mancano. E questo acca[d]de in una montagna in Savoia, dove certi boschi sprofondarono, e lasciarono un baratro profondissimo, e, lontano circa 4 miglia di lì, s'aperse il terreno in certa spiaggia di monte, e gittò una subita inondazione grossissima d'acqua, la quale nettò tutta una vallata di terreni lavorativi, vignie, e case, e fece grandissimo danno ovunque discorse » (1).

Notata anzitutto l'analogia che presenta tale passo con quest'altro dell'Alberti: « ed è manifesto, che in molti luoghi o per tremuoti, o pur spontaneamente vi sono nate fontane di subito e statevi assai tempo, e in varii tempi essere mancate » (2) — dirò che il fenomeno citato, malgrado la sobrietà delle parole, è descritto con quella particolareggiata precisione usata da coloro che sogliono narrare un avvenimento accaduto in epoca non molto remota. Egli è certo che il ricordo delle grandi catastrofi distruggitrici, colpendo con gagliardia l'immaginazione del popolo, vive nella sua mente per lunghissimo tempo. L'Uzielli (3) è proclive ad ammettere che il disastro accennato da Leonardo nella annotazione dianzi recata, sia avvenuto in seguito ai forti terremoti che apportarono rovine in molti luoghi dell'Italia superiore negli anni 1504-6: ma, con maggior probabilità, a me pare che la notizia vinciana alluda al grande franamento verificatosi alle falde del monte Granier, presso Chambéry, il 23 dicembre 1248.

La terribile grandiosità di tale catastrofe ci è messa in luce dalla seguente iscrizione, riferita dal Billiet: « Ecclesia Sancti Mauricii de Marchiis, etc. infra dictam parrochiam et venerabilis conventus Fr. Minorum de Observantia Beatae Mariae de Myans; ibi terminata fuit ruina quae de anno Domini 1248, septimo calendas decembris, cecidit de aspero monte, et quinque parrochias destruxit et signanter villam ecclesiamque S. Andreae... » (4).

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. II verso. — RICHTER, II, § 1058.

(2) L. B. ALBERTI, *Architettura* (1833), pag. 349.

(3) UZIELLI G., *Leonardo Da Vinci e le Alpi* (1890), pag. 86.

(4) BILLIET A., *Mémoire sur les tremblements de terre ressentis en*

Fra il villaggio di Mians ed il Mont Grenier, si trova tuttora, scrive il De Saussure, una spianata ricoperta di piccoli rilievi, di forma conica, aventi 20-25 piedi di altezza: « le peuple » aggiunge « débite différentes fables sur l'origine de ces monticules; mais ce qu'il y a de plus vraisemblable, c'est qu'ils ont été produits par un grand éboulement du Mont-Grenier. On voit effectivement vers le haut de cette montagne une très grande échancrure, située directement au-dessus de ces abîmes, & qui paroît être le vuide, qu'ont laissé les rochers qui s'en sont détachés. Les eaux ont entraîné les parties les plus mobiles de ces éboulis; mais les fragments des rochers les plus solides ont résisté à l'action des eaux & ont servi de noyaux aux éminences qui subsistent encore: c'est ce que l'on peut aisément vérifier sur la plupart d'entr'eux, malgré la terre & l'herbe qui les recouvrent » (1).

Dalle notizie dianzi riportate rimane, mi pare, accertato che il fenomeno in discorso, piuttosto che ad un vero movimento sismico, debba essere attribuito ad un grande franamento. Però bisogna notare che nè l'epigrafe in parte riportata, nè alcune narrazioni tratte da fonte storica, alludono alla grandiosa irruzione di acque ricordata da Leonardo.

*
**

In un passo che altrove per intero è già riferito, Leonardo tratto in inganno da quei concetti ilozoistici che già è chiarito, scrive che « il caldo dell'anima del mondo è il fuoco, che è infuso per la terra, e la residenza dell'anima vegetativa sono li fochi, che per diversi lochi della terra spirano in bagni,

Savoie [in] *Mém. de l'Acad. R. de Savoie*, tom. XIII [pag. 250]. Chambéry, 1848. — Cfr. pure BARATTA M., *I terremoti d'Italia*, ecc. (1901), pagg. 34 e 625-26.

(1) *Voyages dans les Alpes, précédés d'un Essai sur l'Histoire Naturelle des environs de Genève...* par HORACE BENEDICT DE SAUSSURE. Tome III [pag. 17]. Neuchâtel, MDCCXCVI.

e in miniere di solfi, e in vulcani, e Mon Gibello di Sicilia e altri lochi assai » (1).

Nessuna annotazione, nessun fatto, almeno fino ad ora noto, ci induce a credere che Leonardo abbia visitato Napoli e tanto meno la Sicilia. Quindi si spiega come — malgrado che nei tempi ne' quali con maggior assiduità Egli potè dedicarsi alle ricerche scientifiche sulla terra, tutti i vulcani italiani si trovassero in attività abbastanza notevole — Leonardo intorno ai vulcani non abbia che cognizioni oltre modo vaghe. Egli non nomina mai il Vesuvio, e in un passo ricorda solo lo Stromboli e l'Etna (2), allorquando, cioè, parlando del suo insaziabile desiderio di penetrare nei misteri della natura, istituisce un paragone con la fenomenologia delle conflagrazioni dei due ignivomi monti or ora menzionati:

« Non si fa gran muggio il tenpestoso mare, quando il settentrionale aquilone lo ripercuote colle sc[h]iumose onde fra Scilla e Cariddi, nè Stronboli o Mongibello, quando le solfuree fiamme, essendo rinchiuse, per forza ronpendo e aprendo il gran monte, fulminando per l'aria pietre, terra insieme coll'uscita e vomitata fiamma....

« Nè quando le infocate caverne di Mongibello rivomitando il male tenuto elemento, spigniendolo alla sua regione, con furia cacciando innanzi qualunque ostacolo s'interpone alla sua inpetuosa furia... » (3).

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 34 recto. — RICHTER, II, § 1000.

(2) L'Etna oltre che in questo e nel passo precedentemente riportato è ricordato nella seguente frase: « Ti diacciano le parole in bocca, e faresti gelatina in Mongibello » (Codice Atlantico, fol. 289 verso c).

Anche Ristoro d'Arezzo non menziona, parlando dei vulcani, il Vesuvio, ma solo l'Etna: « E già fu veduto uscire fuori uno fiume di fuoco della bocca del monte di Mongibello, e questo fiume corse per ispazio di cinque miglia e più per infino entro lo mare: e segno di questo si è che 'l letto di quello fiume, lo quale è ampio più d'uno miglio, si truova arsa la terra e le pietre ». — *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 117.

(3) Codice *Br. M.*, fol. 155 recto. — RICHTER, II, § 1339.





CAPITOLO XV.

La formazione dell' « humus ».

Pensiero di Leonardo e di Leon Battista Alberti.

FRA gli agenti modificatori della crosta abbiamo trovato che Leonardo accenna all'opera dell'uomo la quale può favorire, in determinate condizioni, le forze della natura (1): ora dobbiamo aggiungere che, come tutti sanno, la vegetazione coopera attivamente alla decomposizione delle rocce: quando specialmente la decomposizione delle sostanze avviene fuori del contatto dell'aria, allora si formano dei composti organici che intaccano energicamente le rocce e le dissolvono, dando origine all'*humus*, il quale non è altro se non se un miscuglio di rocce trasformate e di vegetali putrefatti.

Questo processo trovasi in parte adombrato nel seguente passo del Codice Atlantico, il cui contenuto presenta molta analogia con analogo pensiero di Leon Battista Alberti, che altrove abbiamo riferito (2):

« Esempi e pruove dell'accrescimento della terra. »

« Piglia un vaso, e empilo di schietta terra, e pollo sopra un tetto; vedrai che immediate comincerà a germinare le fron-

(1) Cfr. pag. 90-91 del presente studio.

(2) Cfr. quanto è detto a pag. 141.

zute erbe; e quelle, cresciute, far vari semi, e, ricaduti i figlioli a piè delle loro vecchie madri, vedrai l'erbe, fatti i loro semi, seccarsi, e, ricadute alla terra, in picciol tempo convertirsi in quella, e darle accrescimento; dopo questo vedrai ai nati semi fare il medesimo corso, e sempre le nate, fatto il loro naturale corso, vedrai co la loro morte e corruzione dare accrescimento alla terra; e se tu lasciassi passare 10 anni, e misurassi l'accresciuto terreno, potresti vedere quanto la terra universalmente è cresciuta, e moltiplicando, vedrai in mille anni quanto la mondiale terra è cresciuta. Potranno dire alcuni l'esempio del sopradetto vaso non soddisfare alla assegnata pruova, imperò che si vede ne' sopra detti vasi, pel premio dell'aspettati fiori, ispesso col novo e grasso terreno, quegli pe' calato terreno avere a riempire; e io ti rispondo che 'l terreno quivi messo, per le mescolate grassezze e mozzature di diverse cose, non si può dire essere ischietta terra, e le mescolate cose, per le loro putrefazioni, parte della loro forma iscemandò, si converte in grasso e nutritivo omore delle radicate e sopra poste erbe; e questa è la cagione che ti fa parere che la terra iscemi; e se tu vi lasciassi dentro morire le nate erbe e rinascere i lor semi, vedresti col tempo il suo accrescimento.

« Or non vedi tu negli alti monti i muri delle antiche e disfatte città essere da l'accrescimento della terra occupati e nascosti?

« Or non s'è veduto le sassose cime de' monti la viva pietra per lungo tempo col suo accrescimento avere inghiottito una appoggiata colonna, e, scalzata co' taglienti ferri, e quella trattane, avere lasciato nel vivo sasso la sua accanalata forma? » (1).

(1) Codice Atlantico, fol. 265 recto a (112).





CAPITOLO XVI.

L'orogenesi e la stratigrafia.

La deposizione dei materiali sul fondo del mare; i fenomeni di erosione e la formazione delle montagne. — Concetti orogenetici di Leonardo, di Ristoro d'Arezzo e di Leon Battista Alberti: un Lapidario medievale. — Le cavità sotterranee e la teorica degli sprofondamenti; la catastrofe di Sodoma e Gomorra; le idee di F. Patrizio. — Le forze orogenetiche e Cardano. — L'orogenesi stenoniana.

ESAMINATA brevemente la natura delle forze che co-
spirano alla trasformazione della superficie terrestre,
considerati gli effetti prodotti da queste istesse forze,
vediamo ora di precisare un po' meglio il pensiero leonardiano
rispetto alla origine delle masse terrestri.

La superficie della terra è irregolare, tutta frastagliata da continue alternanze di rilievi e di cavità: una parte è sì depressa da essere occupata dal primo e più pesante degli invogli che circondano il nostro globo, cioè, dall'acqua del mare.

La parte emersa presenta varietà morfologiche grandissime, soggette a continue trasformazioni.

Leonardo ammette che le masse abbiano tutte origine detritica ed idrica, e che siano disposte in strati orizzontali o quasi, giacchè la loro formazione è dovuta in modo essenziale alla azione della gravità.

Ecco alcuni pensieri in proposito:

a) Codice Atlantico, fol. 160 verso a:

« Li sassi si compongono a falde, o vero a gradi, secondo lo scaricamento delle turbolenze portate dal corso de' fiumi.

« Li sassi non sono dove non fu mare o lago » (1).

b) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 recto. — RICHTER, II, § 980:

« Come [nel]le pietre faldate de' monti son tutti i gradi de' fanghi posati l'un sopra l'altro per le inondazioni de' fiumi; come le diverse grossezze delle falde delle pietre son create da diverse inondazioni de' fiumi, cioè maggiore ondatazione o minore ».

c) *Della natura, moto e peso delle acque* (Manoscritto) fol. 134 verso.

« Creansi li sassi faldati, nelle gran profondità de' mari, perchè il fango che le fortune spiccano dai lidi marini, esse ne li portano in alto mare con le onde riflesse, dopo le quali fortune si scaricano sopra de' fondi de' mari, dove non avendo mai fortuna il mare per la gran distanza ch'esso ha dalla superficie, si ferma e si petrifica, e alcuna volta resta in creta bianca da far boccali, e così a gradi di diverse obliquità si compone con suoli di tante varie grossezze, quante sono le varietà delle fortune maggiori o minori ».

d) Manoscritto *Br. M.*, fol. 138 recto. — RICHTER, II, § 789:

« Ogni parte della profondità, che à la terra per alquanto spazio, è fatta a suoli, e ogni suolo è composto di parti più grave e più lieve l'una che l'altra: nel profundarsi è più grave, e questo si prova, perchè questi tali soli son composti dalle turbolenzie delle acque scaricate in mare dal corso de' fiumi che in quello versano: delle quali turbolenzie la parte più

(1) Qui evidentemente per *sasso* intende gli ammassi di rocce.

Degno di nota è pure il seguente passo:

« Le vene ne' sassi son rotture fatte dalle falde quando si seccarono e si privarono dell'umido, che allora da sottil materia fur riempite tali crepature ».

Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

grave fu quella che prima si scaricò successivamente, e questo fa l'acqua dov'ella si ferma, levando prima dov'essa si move.

« E di questi tali s[u]oli di terra si manifesta nelli lati di fiumi che coi lor continui corsi àno se[c]cati e partiti con gran profondità di tagli l'un monte dall'altro, dove per li ghiaiosi soli l'acque sono scolate e per questo la materia si è seccata e convertita in dura pietra, e massime di quel fango che era più sottile: e questo ci fa concludere che ogni parte della terrestre superficie fu già centro della terra e così de converso, ecc. ».

Come Werner, sulla fine del secolo XVIII, non ammetteva alcun sollevamento di montagne, ma opinava che tutte le rocce (eccettuati i soli graniti, i gneis e le lave recenti) ritraessero loro origine dall'acqua e ritenessero la loro originaria giacitura, e credeva le montagne stesse prodotte dagli agenti degradatori, ed il raddrizzamento delle ascisse geologiche un fenomeno prettamente locale, dovuto in modo essenziale a franamenti, così pure Leonardo, che preludeva così alle idee del celebre caposcuola sassone.

Le frasi « li monti son facti dalli corsi de' fiumi; li monti son disfacti dalle piogge e dalli fiumi » (1) integrano i concetti vinciani sulla origine delle montagne e delle valli, concetti vie meglio specificati dalla seguente annotazione:

« [S]e la terra delli antipodi che sostiene l'oceano, si innalzassi e si scopriassi assai fori d'esso mare essendo quasi piana, in che modo sarebbe poi col tempo a creare li monti e le valli e li sassi di diverse falde [?].

« Il fango, ovvero rena, d'onde l'acqua scola, quando rimangono scoperti dalle inondazioni de' fiumi, c'insegna quel che di sopra si dimanda.

« L'acqua che scolasi della terra scoperta dal mare, quando essa terra s'innalzassi assai sopra del mare, ancora ch'ella fusse quasi piana, comincierebbe a fare diversi rivi per le parte più basse d'esso piano e così, cominciando a [s]ca-

(1) Codice Atlantico, fol. 160 verso a.

vare, si rifarebbono ricettaculo delle altre acque circostanti: e a questo modo in ogni parte della sua lunghezza acquisterebbe e larghezza e profondità, senpre crescendo le sue acque in sino a tanto che tutta tale acqua scolerebbe, e queste tali concavità sar[i]ene poi li corsi de' torrenti che ricevano l'acque delle piove; e così si andrebbon consumando i lati di tali fiumi insino a tanto che i tramezzi d'essi fiumi si farebbono acuti monti e, così scolati, tali colli comincerebbono a essicarsi e creare le pietre a falte mag[i]ori o minori secondo le grossezze de' fanghi che li fiumi portereno in tal mare per li loro diluvi » (1).



Anzi volendo precisare con una frase sintetica leonardiana quanto più sopra abbiamo chiarito, possiamo con il Grande dire che: « l'acqua è 'l vetturale della natura..... » (2).

Da ciò emerge nel modo più spiccato un concetto geologico fondamentale — che noi designeremo modernamente col nome di nettuno-attualista — che spinse il Vinci perfino ad attribuire ad azioni idriche la formazione di nuove isole.

« Dove l'acque dolci popolano nella superficie del mare è manifesto prodigio della creazione d'una isola, la qual si scoprirà tanto più tardi o più presto, quanto la quantità dell'acqua che surgie sarà di minore o maggior quantità. E questa tale isola la si gienera della quantità della terra o con-

(1) Manoscritto *F*, fol. 11 verso.

Questo passo è riportato anche dal LIBRI (*Hist. des sc. mathémat. en Italie*, ecc., Tomo II, pag. 220) che in luogo di [s]cavare, come leggesi nella riga 11^a del brano istesso, trascrisse erroneamente scorrere.

(2) Questo passo di capitale importanza nel manoscritto trovasi così testualmente trascritto:

lacqua el vetturale della
natura questa transv
ta ilterreno eporta al
. [?] gran
parte [?]

Manoscritto *K*, fol. 2 recto.

BARATTA, *Leonardo da Vinci*, ecc.

sumazion di sassi che fa il corso sotterranean[eo] dell'acqua per li lochi d'ond'ella discorre » (1).

La concezione leonardiana trova per altro perfetto riscontro con quanto aveva già scritto Ristoro d'Arezzo:

« Ed ora veggiamo la generazione de' monti, e la loro corruzione, com'elli si possano fare e disfare: noi veggiamo l'acqua dilavare la terra, e scendere de' monti colle pietre insieme, e riempire le valli e innalzare lo piano: e dall'altro lato veggiamo l'acqua cavare, e incupare e fare le valli, e fatta la valle rimane il monte, e veggiamo l'acqua torre la terra da uno luogo e porla in un altro... E veggiamo l'acqua incupare per stagione e trarre la terra dentro del suo fondo, e levare e portare a luogo più alto, lo quale è, rispetto di quello cupo, monte. Ed anche può essere lo monte per cagione dell'acqua del diluvio, ch'è stando l'acqua del diluvio, e coprendo la terra e rimanendosi [*sic*] per la terra, per cagione del vento od altra cagione, può torre la terra da uno luogo e porla ad un altro: imperciò ch'è natura dell'acqua, s'ella è rimenata per la terra, di fare lo monte e la valle ed è sua natura di lasciare la terra montuosa e vallosa » (2).

*
*
*

La disposizione originaria degli strati dovrebbe essere orizzontale, essendo formati per i depositi successivamente avvenuti nel fondo de' mari: ma invece gli strati, anche ad occhio profano di cognizioni geologiche, si mostrano quasi sempre spostati, deformati, stirati, frantumati per le enormi pressioni cui sono stati sottoposti.

(1) Manoscritto G., fol. 49 verso.

Questo passo doveva costituire parte di uno speciale capitolo del grande trattato, dal titolo: " Dello scoprimento e creazioni dell'isole " che si legge nel sommario spesso citato del Codice Atlantico (fol. 74 recto a).

(2) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pagg. 85-86.

Di ciò ben si era accorto Leon Battista Alberti, il quale a tal proposito osservò che « i monti sono fatti di scorze, quasi come di carte, alcune più serrate, alcune più rade ed alcune più sottili, e che i monti erano fatti di queste scorze poste l'una sopra l'altra, ed ammassate talmente, che da lato di fuori gli ordini di questi filari, o scorze, e le linee de le congiunture sono tirate a piano da destra a sinistra. Ma da lato di dentro di verso il centro del monte dette scorze si chinano allo ingiù con tutta la superficie di sopra, che ugualmente pende, ma non con tirare ed andare di se stessa continuata fino adentro. Perciocchè ad ogni cento piedi quasi si fermano con certi gradi da lo scendere a traverso, rottasi la scorza: e di poi con simile interrompimento di ordini, corrono con pari sorte di gradi da l'un lato e l'altro del monte fino a' centri del monte..... » (1).

Quantunque Leonardo abbia nelle sue escursioni osservato che gli strati ne' monti non sono quasi mai orizzontali, ma invece più o meno e variamente ripiegati, giacchè: « in ogni concavità delle cime de' monti senpre si troveranno li piegamenti delle falde delle pietre » (2), pur tuttavia Egli crede che il fattore principale dell'orogenesi terrestre risieda nelle acque.



« Ogni valle è fatta dal suo fiume e tal proporzione è da valle a valle, quale è da fiume a fiume » (3).

E così pure:

« Come li fiumi anno tutti segati e divisi li membri delle grand'alpi l'uno dall'altro, e questo si manifesta per lo ordine delle pietre faldate, chè dalla sommità del monte insino al fiume si vedono le corrispondenze delle falde essere così da l'un de' lati del fiume, come dall'altro » (4).

Una pila di strati perfettamente orizzontali, incisi dal lungo

(1) L. B. ALBERTI, *Architettura* (1833), Libro X, cap. 4, pag. 351.

(2) Manoscritto *Br. M.*, fol. 30 verso. — RICHTER, II, § 98a.

(3) Codice Atlantico, fol. 321 verso [in] *Saggio*, ecc. (1872), tav. VII.

(4) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 recto. -- RICHTER, II, § 98o.

lavorio delle acque correnti, dilavati da quelle meteoriche, può dar luogo a dei paesaggi più o meno accidentati, a monti ed a valli; queste, generalmente parlando, assumono la forma classica di un V, a lati più o meno perpendicolari, secondo la natura delle rocce, le stratificazioni delle quali corrispondono sui due versanti opposti con le loro testate e con la loro direzione ed inclinazione.

Ciò è vero, ma il concetto delle possenti forze orogene-tiche manca in Leonardo: forse perchè il campo delle sue osservazioni geologiche fu in modo precipuo ristretto a terreni di origine sedimentaria recente, e con motivi stratigrafici uniformi e poco accentuati.

Noto che già Aristotele aveva intravvisto il nesso che collega i fenomeni endogeni con gli esogeni e che Strabone aveva attribuito i sollevamenti e gli abbassamenti, i quali si succedono nella crosta terrestre, a forze ignee profonde, e che pure Alberto Magno, noto a Leonardo, aveva ritenuta causa essenziale del sollevamento del suolo la tensione dei vapori:

« Ulterius cum causa montium magis essentialis sit calor sub terra conclusus ubi igneus vapor est, qui cum per locum solidum evaporare non possit, elevat locum, & aliquando decoquit eum in saxum..... » (1).

Anche Ristoro d'Arezzo, pur attribuendo il sollevamento delle montagne all'azione del cielo e dell'acqua, tuttavia, colpito forse dai fenomeni parossismali, presentati da uno dei lagoni del Volterrano, quello di Vecchienna (2), introdusse il concetto delle forze endogene fra i fattori della orogenesi.

Infatti egli soggiunge che oltre all'acqua, di cui abbiamo a lungo parlato, le stesse cause che danno luogo a terremoti possono far sorgere le montagne:

« E per la qual cagione del tremuoto può profundare la

(1) ALBERTO MAGNO, *De Meteoris* libri IV, liber II, tract. III, § 4 [in] *Opera* (1651) tomus III, pag. 57, col. II.

(2) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 116. — Intorno a questo fenomeno sto preparando uno speciale studio.

città, e cadere le mura, e le torri e le case; e per istagione fa isquarciare e cadere lo monte; e secondo ragione può innalzare la terra, e gittarla in su e fare lo monte, e quello monte sarà sollo e cupo, secondo sia di ragione » (1).

Le teorie orogenetiche di Ristoro trovano perfetto riscontro con quelle che si riscontrano in un *Lapidario* (attribuito ad Aristotele, del quale si à un manoscritto rimontante al secolo XIII) recentemente pubblicato dal sig. De Mely nella *Revue des Études Grecques* (anno 1894).

Io non ò potuto consultare tale lavoro, ma da un lungo brano, che qui appresso riproduco, togliendolo da una breve nota di Eugenio Muntz (2) non è guari venuta in luce, si vede che lo pseudo Aristotele ammetteva due agenti principali generatori delle montagne: i terremoti da una parte e l'azione degradatrice dell'aria e quella erosiva delle acque dall'altra. Ma lasciamo la parola al falso Stagirita:

« La formation des montagnes est due parfois à une cause essentielle, à savoir lorsque la terre se soulève par suite d'un violent tremblement et qu'une montagne se forme: parfois aussi elle est due à une cause accidentelle, par exemple lorsque sous l'action du vent ou sous celle des cours d'eau se produit peu à peu une excavation profonde. A côté de celle-ci se forme fatalement une grande éminence, et telle est l'origine principale des montagnes. Il existe en effet des terres molles et des terres dures. Les terres molles sont enlevées par les cours d'eau et les vents; tandis que les terres dures restent et ainsi se produit une éminence. Ainsi la génération des montagnes a lieu comme celle des pierres, parce que le cours de l'eau leur amène incessamment un limon onctueux qui se dessèche par la suite des temps et devient pierre; de là à comprendre qu'il y a une force minérale changeant les eaux en pierres il n'y a pas loin. C'est pourquoi on trouve dans

(1) RISTORO D'AREZZO, *La Compositione*, ecc. (1859), pag. 116.

(2) MUNTZ EUGÈNE, *Léonard de Vinci et les savants du moyen âge* [in] *Revue Scientifique*, Serie IV, Vol. XVI, fasc. XVII [pagg. 513-15]. Paris, 1901.

beaucoup de pierres certaines parties d'animaux aquatiques ou autres. Les montagnes ont mis beaucoup des temps à se former, comme il a été dit, mais à l'heure qu'il est elles décroissent. En effet, les substances boueuses, que l'on trouve sur les hauteurs, ne sont pas de cette matière qui se transforme en pierres; mais elles proviennent de ce qui s'enlève des montagnes; ou bien c'est encore une certaine substance terreuse, mais amenée par les eaux, avec les boues et les herbes, qui se mêle avec la boue de la montagne, peut-être aussi, est-ce de l'ancien limon de la mer, qui n'est pas d'une seule substance, d'où vient qu'une partie devient pierre et l'autre non. Mais elle s'amollit et se dissout, vaincue par la puissance de l'eau » (1).

Infine aggiungerò che concetti di dinamica interna applica pure Cecco d'Ascoli alla genesi delle montagne:

Si che li monti gli colli & gli abysi
son formati da linclusi uenti
che spiran sotto terra duri e spessi (2).

Così noi, specie con Ristoro, abbiamo visto gettate solidamente le basi di quella teorica, secondo la quale i rilievi tellurici sono dovuti all'azione delle forze endogene contro la crosta; questa o si solleva, dando luogo alla formazione delle montagne; oppure si fende per dare origine ai vulcani.

*
**

Leonardo colpito però dalla grande altezza di alcuni rilievi montuosi, trovando forse l'erosione prodotta dalle acque, causa inadeguata a fare eccellere i più grandi colossi dei nostri monti, ricorse — come poi il Werner — a degli immani sprofondamenti, giacchè per analogia:

(1) MUNTZ E., *Léonard de Vinci*, ecc. [in] *Revue Scientifique*, ecc. (1901), pag. 515.

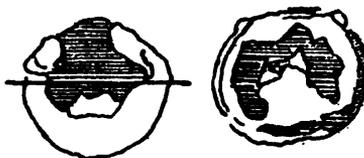
(2) CECCO D'ASCOLI, *Acerba* (1516), Libro I, fol. 22 recto.

« Li corsi supterranei delle acque, siccome quelli che so[n] fatti infra l'aria e la terra, son quelli che al continuo consumano e profundano li letti delli lor corsi » (1).

Idea esplicata poi nella seguente annotazione:

« *Della terra in se.*

« L'alzarsi tanto le cime de' monti sopra la sfera dell'acqua può esser dirivato, perchè il loco grandissimo della terra, il quale era ripieno d'acqua, cioè la grandissima caverna, dovette cadere assai della sua volta inverso il centro del mondo, trovandosi ispiccata mediante il corso delle vene che al continuo consumano il loco donde passano.



« Profondamento di paesi come nel Mare Morto di Soria, cioè Sodoma e Gomorra.

« È necessario che l'acqua sia più che la terra, e la parte scoperta del mare non lo dimostra, onde bisogna che molta acqua sia dentro alla terra, senza quella ch'è infusa nella bassa aria e che scorre per li fiumi e vene » (2).

Noto di passaggio che l'accento qui da Leonardo fatto alla catastrofe di Sodoma e Gomorra narrata dalla Bibbia, e spiegata invece quale un grandioso fenomeno tellurico, accaduto senza alcun intervento di forze extranaturali, concorda con quanto a tal proposito aveva scritto Alberto Magno. Costui infatti parlando, come fra poco vedremo, delle modificazioni che succedono sulla crosta terrestre, nota a proposito

(1) Manoscritto *G.*, fol. 49 verso.

Tra le cancellature del fol. 172 verso *c*, del Codice Atlantico, troviamo la seguente spiegazione circa la origine delle caverne:

« Le caverne nascono per il corso dell'acque sotterranee, e l'acque che le riempie mancano al mare. Adunque è meno acqua sopra terra che non soleva ».

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 36 recto. — RICHTER, II, § 938.

delle terre inabissate: « sicut accidit in Pentapoli, quod profundata est in mari rubro mortuo » (1).

La teorica degli sprofondamenti fu validamente sostenuta dal dalmata Patrizio (1529-97) in una sua pubblicazione impressa in Venezia nel 1562. Nel Dialogo, *Il Lamberto, ovvero del Parlare* (2) — di cui sono interlocutori oltre all'autore, Michele Lamberti e Giulio Strozzi — finge da quest'ultimo narrato un ingegnoso apologo, appreso da Baldassarre Castiglione, al quale, a sua volta, era stato raccontato da un abissino. In tale novella si cerca appunto di risolvere due capitali problemi geo-paleontologici, cioè la formazione delle montagne ed il rinvenimento di residui di animali marini sui monti.

Per l'importanza che à nella storia della geologia la teorica degli sprofondamenti, credo valga la pena di riprodurre i punti più salienti:

« Ne' primi secoli..... dopo l'ultima rinovation del mondo, questa terra, che noi habitiamo, non fu di questa forma, nè di sì picciola grandezza, ch'ella è al presente. Ma di gran lunga maggiore, & di perfetta rotondità. Perciochè ella tenia allhora tanto luogo, con la sua ampiezza sola, quanto ella hora tiene con tutta l'acqua, & con l'aria insieme, & appresso del fuoco con la più densa parte: Si che tra 'l cielo, & lei non ui era traposto altro, che il purissimo fuoco, il quale ethere si chiama, sottilissimo, chiarissimo... Era adunque la terra di cotanta ampiezza, & si vicina al cielo. Et per entro

(1) ALBERTO MAGNO, *De Meteoris*, liber II, tract. II, cap. XV [in] *Opera* (1651), tomus II, pag. 52, col. 2.

Anche Fazio degli Uberti parlando della catastrofe di Sodoma e Gomorra, nel libro VI (cap. X) del *Dittamondo*, scrive:

Qui non ti conto com' la terra aperse

.

(2) *Della retorica*. Dieci dialoghi di M. FRANCESCO PATRITIO: Nelli quali si fauella dell'Arte Oratoria con ragioni repugnanti all'openione, che intorno a quella hebbero gli antichi scrittori. In Venetia, Appresso Francesco Senese, MDLXII.

a se, & nel pian di sopra, ella era cauernosa di larghissime cauerne, Per entro alle quali erano sparsi qua, et là gli altri elementi dell'aria, et dell'acqua. Et là più verso il centro, ui era disperso il fuoco; non per altra cagione, che per illuminare, & per riscaldare uitalmente quelle parti lontanissime dal Cielo. Et per ciò, oscure, et fredde, e di debol uita. Percioche l'altre cauerne, più uerso il piano della terra, erano dal lume del cielo, illuminate, per l'aperture di sopra; et col suo caldo, di uita empiute. Et erano le cauerne tutte, si come hora, è il piano, dagli huomini habitate, et dagli altri animali. Per gli cui usi, erano l'acqua, et l'aria sparse, per le spelonche, Era adunque la terra, in guisa di una spugna: et gli huomini, ui habitavano per entro, alla maniera, che ui habitano al presente, mille vermicelli » (1).

Quivi gli uomini vivevano felicemente. Ma, insuperbitisi, decisero di detronizzare Saturno, che aveva l'imperio sul mondo. Allora Giove, per incarico di costui, si unì a Plutone e:

« cominciò l'uno di sotto, a scuotere, & a crollare horribilmente le radici: & l'altro a folminar di sopra. Col quale horrendo crollamento, & folminamento, aprendo in molti luoghi la terra, & rompendola, ella cadde tutta, nelle proprie cauerne di sotto, et se medesima assorse & riempì. Da che auenne, che ella, & minor diuene, et s'allontanò, per infinito spatio dal cielo, & sepellì se, in se stessa, et tutte le cose, che erano dentro a lei. Et gli elementi, che più si trouaron alti, furono dal peso di lei, & dal restringimento delle parti, spremute fuori, & secondo, che più ciascuno era leggero, & puro, uolò più alto, & più al cielo si auuicinò. Ma quelle parti di loro alle quali, fu chiusa l'uscita dalle ruine, che occuparono le cauerne, si rimasero sotto, tale nelle medesime cauerne prime, & tale anco mutò luogo. Et è auuenuto, che doue maggior mole di terreno cadde, & non poteo essere dalle cauerne inghiottito, rimase eminente, & poi calcato dal suo proprio peso, & dal freddo, per la lontananza del cielo, condensato, è monte, & sasso diuenuto. Et doue,

(1) PATRIZIO F., *Della Retorica*, ecc. (1562), pag. 5 verso.

nel cadere auuallarono le gran moli, della spezzata terra, rimasero da lei, scoperte le acque, onde sono i mari, i laghi, i fiumi, e i fonti, & le grandi, & le piccole Isole, & gli scogli sparsi per lo ampio mare. Et i metalli, l'oro, l'argento, & gli altri, che erano nel primo tempo, alberi bellissimo et preciosissimi, rimasero dalla ruina ricoperti.....

« Et quindi è che da gli inuestigatori de' metalli, & de' marmi, si son trouate di molte cose della primiera uita, fatte pietra, & anima' marini, et terrestri, et uolatili, et anco humani, che tutto di si cauano, & molte uolte della prima forma, chiusi in sodissime pietre, non hauenti apritura alcuna. Et quindi è, & non d'altronde, che si ueggano molte miglia fra terra, et & sotto, pesci, & ostrache, & nichì, congelati; & figure di animali diuersi, che altri per la ignoranza delle passate cose tanto ammira..... » (1).

*
**

Abbiamo nelle pagine antecedenti visto come i due più possenti agenti trasformatori della superficie terrestre siano stati chiamati separatamente, eccetto che da Ristoro, a presiedere ai fenomeni della orogenesi.

Gerolamo Cardano invece, pur non potendo misconoscere l'effetto dell'acqua, d'altra parte impressionato dai fenomeni eruttivi che diedero luogo alla formazione di Monte Nuovo (1532), ebbe il merito di attribuire di nuovo il sollevamento delle montagne, non ad un'unica, ma a parecchie cagioni, cioè a forze vulcaniche, eoliche ed idriche:

« Ex terrae motibus montes quandoque fiunt: namque illorum triplex origo: aut enim tumet terra motibus crebris agitata, ac velut vesicis e corpore nascentibus montes parit, ut juxta Avernum lacum mons nomine Modernus in Campania: aut congesta humo a ventis, ut saepe in Africa; aut, quod proprium quasi est ac frequentissimum, cum aquis currentibus,

(1) PATRIZIO F., *Della Retorica*, ecc. (1562), pag. 6 recto-verso.

aut etiam mari terra demolitur, lapidibus relictis: nam aqua fluminis in vallem descendit, & mons ipse lapideus exurgit a valle, ideoque montes omnes quasi saxei sunt. Illorum autem sublimitas a reliquo solo est, quoniam agri Indies a pluviis exeduntur, & terra ipsa fatiscit: lapides vero praeterquam quod non fatiscunt, etiam plerumque crescunt, ut inferius ostendamus. Verum valles aquis ac torrentibus excavantur, atque ideo humiliores sunt etiam agris ac planis » (1).

Aggiungerò che secondo lo Stenone (1638-87) — che a base de' suoi pensamenti geologici chiamò la stratigrafia, soccorsa opportunamente, e qui sta il grande merito, dalla paleontologia — gli strati si dispongono originalmente in modo orizzontale, ma poscia vengono rotti, inclinati e sconvolti da cause ignee ed idriche:

« Primus modus est, stratorum violentia in altum excussio, sive eam producat praeceps incendium halituum subterraneorum, sive idem efficiat violenta aeris elisio propter ingentes alias in vicinia ruinas.....

« Posterior modus est, spontaneus stratorum superiorum delapsus, seu ruina, quando, subducta materia inferiori, seu fundamento, superiora rimas agere coeperint; unde pro cavitationum, & rimarum varietate varius diffractorum stratorum situs sequitur, dum quaedam horizonti parallela manent, alia ad illum perpendicularia fiunt, pleraque obliquos angulos cum ea constituunt, nonnulla in arcus inflectuntur, materia eorum tenaci existente..... » (2).

Ora tolti gli interni materiali, sia per azione erosiva operata dall'acqua, sia per scorrimento di materie da prima solide e poscia liquefatte dal fuoco, gli strati orizzontali superiori restando senza fondamento, per il proprio peso devono ne-

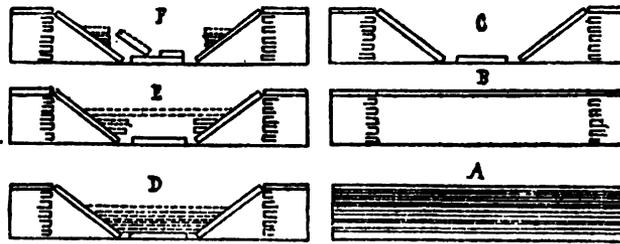
(1) H. CARDANI, *De subtilitate* (1664), Libro II, pag. 105.

(2) NICOLAI STENONIS *De solido intra solidum naturaliter contento*. Dissertationis prodromus [pagg. 31-32]. Florentiae. Ex Typographia sub signo Stellae. MDCLXIX.

Sopra lo Stenone geologo cfr. *Di Nicola Stenone e dei suoi studi geologici in Italia*, discorso del Prof. GIOVANNI CAPELLINI (2ª edizione. Bologna, 1870).

cessariamente rovinare. Da questo mutato ordine della compagine degli strati àno origine le montagne tutte, eccettuate quelle prodotte « egestione ignium, cineres, & saxa cum sulphure, atque bitumine » (1), cioè, i vulcani.

L'orogenesi stenoniana infine si riduce sempre a sprofondamenti ed il suo autore, contrariamente a quanto potrebbero lasciar supporre le parole dianzi riportate, trascura affatto le vere forze endogene come si rileva dalle seguenti linee che costituiscono parte della *Explicatio figurarum*, impressa sulla tavola stessa raffigurante gli schemi orogenetici:



« Exhibet autem figura *A* planum perpendiculare Etruriae, quo tempore strata lapidea etiam num integra, & horizonti parallela erant. »

« Figura *B* ingentes cavitates, sive ignium, sive aquarum vi exesas intactis superioribus stratis. »

« Figura *C* a disruptis stratis superioribus ortos montes, & valles. »

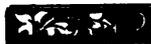
« Figura *D* a mare facta nova strata in dictis vallibus. »

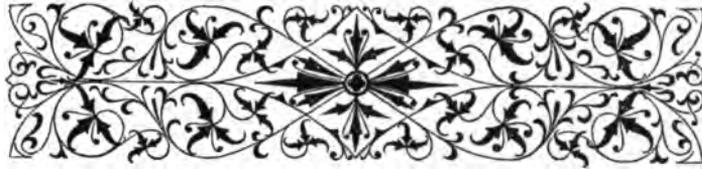
« Figura *E* ex novis stratis consumptam partem inferiorum stratorum, intactis superioribus. »

« *F* figura, disruptis superioribus stratis arenaceis, productos ibi colles, & valles ». »

Ritorniamo — come ò testè detto — alla orogenesi per semplice sprofondamento, cioè, ai concetti svolti da Leonardo e dal Patrizio.

(1) STENONE N., *De solido*, ecc. (1669), pag. 33.





CAPITOLO XVII.

I fossili.

Un'intervista scientifica con Fracastoro. — Aberrazioni paleontologiche, la teoria diluviale. — Ristoro d'Arezzo, Cecco d'Ascoli, Giovanni Boccaccio ed i fossili. — Primato degli Italiani; i primi musei. — Opinioni di Leonardo sul diluvio e sopra i fossili. — La rinascita degli errori e la « Vana speculazione » di Scilla. — I fossili di M. Mario, dell'Appennino Emiliano e del Veronese. — Una scoperta preistorica in Lomellina.

LE formazioni sedimentarie, la maggior parte delle volte contengono allo stato fossile resti di animali e di vegetali coevi ai depositi stessi. L'importanza geologica dei fossili non à bisogno di essere chiarita, perchè tutti sanno che essi costituiscono i veri monumenti, i quali, abilmente interpretati, servono a decifrare la storia delle vicende del nostro globo da quando le condizioni della litosfera e dell'atmosfera ànno permesso l'estrinsecazione della vita sulla sua crosta.

Ai tempi di Leonardo i fossili erano creduti dalla generalità dei saggi giochi o scherzi di natura: alcuni li stimavano tentativi fatti dal creatore prima di dar vita agli esseri attualmente esistenti: altri infine li ritenevano partoriti da una forza plastica propria della terra. Queste e tante altre idee erano state messe avanti a spiegazione dei fossili: i più saggi però, non potendo misconoscerne la natura organica, già ammessa da alcuni filosofi greci e romani, invocavano il diluvio: teo-

rica, che andò sempre più guadagnando terreno, giacchè, quasi prevalente nel secolo XVI, rivestita di concetti scientifici, à l'assoluto imperio nel XVIII.

Che veramente la Paleontologia nell'epoca di cui noi ci occupiamo, fosse ridotta in sì miserando stato, lo dimostra la *Magni Fracastorii sententia*, che il Chiocco riporta nella illustrazione del museo Calceolari (1) impressa nell'anno 1622.

Racconta costui che, essendo stati rinvenuti nell'eseguire alcuni sterri presso la città di Verona, e precisamente nella regione chiamata « Fontana del Ferro », alcune conchiglie e varî altri resti di animali marini, Torello Sarayna, giureconsulto ed istoriografo veronese, non sapendosi dar ragione di tale ritrovamento, abbia interrogato Girolamo Fracastoro.

E l'illustre scienziato, al quesito propostogli dal chiaro suo interlocutore, presentò tre soluzioni. La prima è, dice, sostenuta da coloro i quali vogliono che gli animali in discorso siano stati trasportati dalle acque del diluvio: opinione, secondo il Fracastoro, poco attendibile, perchè le acque di sì fatta inondazione non partirono dai mari, ma si scatenarono dal cielo: ma, prescindendo da ciò, si riuscirebbe solo, secondo il Fracastoro, a spiegare il rinvenimento dei rappresentanti la fauna marina sulle alte cime de' monti e non altrove.

A coloro che ritengono i fossili prodotti da uno speciale succo, risponde il Fracastoro che anzi tutto bisogna conoscere se essi credono che i corpi formati da umore lapideo abbiano un giorno avuta vita. In caso affermativo, aggiunge, perchè non accade di veder oggidì ancora rivivere simili produzioni? L'ammettere che i fossili siano solo simili alle forme animali contraddice con quanto ci rivela il semplice esame dei resti paleontologici: osservando una di tali conchiglie, la si scorge composta delle stesse parti che ànno quelle attualmente viventi: mancano solo le molli, chè sono andate distrutte.

La terza opinione, alla quale pur sottoscrive il Fracastoro, si è di considerare i fossili quali residui di organismi, nati nel mare e dal mare abbandonati.

(1) È integralmente riprodotta nell'Appendice X.

*
**

Che i fossili ci attestassero l'antico soggiorno del mare era già stato intraveduto e divulgato da vari filosofi greci e romani e da parecchi scrittori medievali, i quali riattaccarono tale rinvenimento alla azione del diluvio.

Ristoro d'Arezzo, discutendo sulla origine de' monti, ammette — come già vedemmo (1) — che le montagne possano essere sorte per causa del diluvio, ed a conforto di ciò aggiunge: « e già avemo trovato e cavato quasi a somma a una grandissima montagna, di molte balle ossa di pesce, le quali noi chiamiamo chiocciole, e tale le chiamano nicchi: li quali erano simili a quelli delli dipintori, nelli quali elli tengono i lor colori. Ed in tale luogo si troviamo di color di molte balle rena, e pietre grosse, e minute e ritonde, a luogo a luogo entro per esso, come se fussero di fiume: e questo è segno che quello monte fosse fatto dal diluvio... » (2).

Cecco d'Ascoli nella sua *Acerba* invece, parlando delle piante fossili, non connette la loro esistenza al diluvio:

“ Le gran montagne hanno el gran piano
 Che l'aqua sottosopra somergendo
 Lassarono alpe nel terren toschano
 Basso facendo el sito lombardo
 Romagna con toscana alor cadendo
 Hor prendi questo exēpio chio guardo.
 Molte mōtagne in essere di pietra
 Sono conuerse se guardi le ripe,
 Che della terra natura saretra
 Potentia natural reggie & compone
 Et fa di terra pietra dure & stipe
 E ciò si mostra per biancha ragione
 Di fronde uista perhò uidi impressa
 Nel duro marmo che quando se strinse

(1) Vedi a questo proposito quanto ò detto a pag. 210.

(2) RISTORO D'AREZZO, *La Compositione*, ecc. (1859), pag. 86.

In mezo de due parte stette oppressa
 Nel molle tempo come cera a segno
 Natura che deforma non ha disegno » (1).

Questo passo invero è molto oscuro, nè a chiarirlo giova il seguente commento del modenese Nicola Manetti:

« dicie che noi vediamo tal volta nela pietra dura lorma, cioè la figura d'una fronde di quercia o castagnia e questo non fu per altra cagione se non che con la collimēto delle parti della terra mescolate le foglie, cioè le frondi furono premete come si preme la ciera nel sugiello, onde per ātichità, di tēpo, & operatione di Sole et degli altri corpi cieleste q̄ste p̄ti della terra sonno coūertite in pietra, onde nel duro tēpo queste impressioni sono ritenute in perpetuo, p̄che furono facte per necessità dalla natura... » (2).

Pur tuttavia, mi pare che abbia ragione il Libri, quando scrive che Cecco d'Ascoli sembra riattaccare l'esistenza delle piante fossili alle rivoluzioni del globo, che ànno dato origine alle montagne (3).

I risultati dei diligenti raffronti critici stabiliti dal Calvi, dei quali si è già parlato, ànno indotto ad ammettere la possibilità che il grande scienziato abbia in qualche misura attinto alle dottrine propugnate nell'opera dell'irrequieto ascolano. Con probabilità può pure Leonardo aver presa conoscenza di uno scritto di Giovanni Boccacci, dal titolo di *De Montibus ecc.*, nel quale appunto, descrivendo l'Elsa, il grande Certaldese, ricorda i fossili, di cui sono sì abbondanti i terreni subappennini. Un esemplare di tale opera era infatti posseduto — come risulta dall'inventario del 1426, redatto per ordine di Filippo Maria Visconti (4) — dalla Biblioteca

(1) CECCO D'ASCOLI, *Acerba* (1516), fol. 22 verso - 23 recto.

(2) CECCO D'ASCOLI, *Acerba* (1516), fol. 23 verso.

(3) LIBRI G., *Hist. des sc. mathém.*, ecc., Vol. II, pag. 92.

(4) Nel citato inventario troviamo al N. 382:

« 382. Johannes Bochacius de Montibus, silvis, fontibus, stagnis, paludibus, et ultimo de maris nominibus, copertus corio paonazio ad modum parisinum... & Sig. DCLXV ».

[GEROLAMO D'ADDA], *Indagini storiche, artistiche e bibliografiche*

del Castello di Pavia, che sappiamo frequentata da Leonardo nei vari suoi soggiorni in tale città. Il passo relativo suona così nella traduzione italiana:

« Elsa è fiumi di Thoscano nel contado fiorentino, un poco sopra il castello chiamato Colle all'oriente, dal cui luogo a gli habitanti spargesi con tanta abondanza d'acque, che paia cosa marauigliosa, nel cui principio qualunque cosa in acqua lancerai, infra brieve spatio di giorni cercondasi con scorza di pietra, & così trouerai la qual cosa poi in processo del suo corso non suol fare, questo col perpetuo corso dell'onde solamente sue corre in sin al fine limpidissimo, nondimeno per le piogge, come gli altri, fassi turbido, & aumentasi, & quindi, & quindi veggendo nel correre molte castella, dal destro lato in una mezzana altezza unge il vetusto castello di certaldo, le cui memoria io uolentieri celebra, stanza ueramente & natura fu delli miei maggiori, innanzi chi firenze riceuesse gli cittadini, oltre a questo toccando molti luoghi di uarie maniere, nondimeno di tutte le cose marine, che rade col corso, scopre solamente alcune ostrache uote, & bianche per uechiaja, & le più fiate o rotte, o rose, le quai penso io da quel diluuiu grande fussero con grandissima agitatione d'acque rauolgesse le terre dal fondo, questa ultimamente sotto il nobil castello di miniatì mettesi nel fiume Arno » (1).

Il potere incrostante delle acque dell'Elsa, rammentato dal Boccacci, era noto pur anco a Fazio degli Uberti (2) ed a

sulla *Libreria Visconteo-Sforzesca del Castello di Pavia* Compilate ed illustrate con documenti inediti per cura di un Bibliofilo. Parte I [pagg. 35-36], Milano, Brigola, 1875.

(1) *Opera dell'Huomo Dotto et Famoso GIOVAN BOCCACCIO da Certaldo, dalla lingua latina nel thosco idioma per Meser Nicolò Liburnio nouamente trallatata. Doue per ordine d'Alphabeto si tratta diffusamente delli Monti, Selue, Boschi, Fonti, Laghi, Fiumi, Stagni, Paludi, Golfi & Mari dell'Uniuerso Mondo*, ecc. [carta XXXVI, verso], s. d. e l.

(2) “ Non è da trapassar e starsi muto
Dell'Elsa, che dal Colle a pugna corre
Che senza prova non l'avrei creduto.
Io dico che vi feci un legno porre

Dante (1). — Secondo il Del Zanna (2) la deposizione del carbonato di calcio è più notevole non alla sorgente di detto fiume, ma bensì allorquando le sue acque, percorso oltre un miglio toscano, si fondono con quelle del Senna. Il citato autore aggiunge inoltre che molte polle di quei dintorni sono in alto grado calcarifere, talchè quei terrazzani usano immergervi vari oggetti, come cestelli di vimini, *ruscus*, cardi, ecc., i quali in pochi giorni si ricoprono di una crosta uniforme, atta a ben conservarli per lungo tempo. Tale potere, sì magnificato da Fazio e dal Boccacci, è oggidì ridotto a ben poca cosa, rispetto a quello grandissimo, che, in epoche geologiche non lontane, diede luogo alla formazione dei travertini, sviluppati ai lati del fiume, in banchi più o meno estesi e continui, e di potenza sì variabile, passando in certi luoghi da uno spessore di pochi centimetri a quello di 20-25 metri.

I fossili cui allude il Boccacci sono certamente gli ammassi di conchiglie marine plioceniche, cementate da calcare post-pliocenico, che numerosi si rinvencono lungo i fianchi di quelle colline. La loro presenza dall'autore è connessa con il cataclisma diluviale; come pure all'azione del diluvio narrato dalle antiche leggende, è attribuita ancora dal Boccacci nel suo

Lungo e sottile, e pria che fosse un mese
grosso era e pietra, quando 'l venni a torre „

(Libro III, cap. VIII).

Il Dittamondo di FAZIO DEGLI UBERTI [pag. 176]. Venezia, Antonelli, MDCCCXXXV.

(1) DANTE, nel *Purgatorio* (XXXIII, 66-67) fa da Beatrice paragonare l'ottusità del di lui ingegno a comprendere l'allegoria dell'albero del paradiso terrestre con la virtù impietrante delle acque dell'Elsa:

E, se stati non fossero acqua d'Elsa
Li pensier vani intorno alla tua mente

.

(2) DEL ZANNA PIETRO, *I travertini di Colle e le incrostazioni attuali dell'Elsa* [in] *Boll. della Soc. Geologica Italiana*, Vol. XX [pagg. 24-34]. Roma, 1901.

noto romanzo *Il Filocolo*, scritto (1338-41?) ad istanza di Maria d'Acquino:

« Nella fruttifera Italia siede una piccola parte di quella la quale gli antichi, e non immerito, chiamarono Tuscia, nel mezzo della quale quasi fra bellissimi piani si leva un piccolo colle, il quale l'acque vendicatrici della giusta ira di Giove, quando i peccati di Licaone meritavano di fare allagare il mondo, vi lasciò, secondo l'opinione di molti, la quale reputo vera, perocchè ad evidenza di tal verità si mostra il piccolo poggio pieno di marine chioccioline, nè ancora si possono sì poco nè molto le interiora di quello ricercare, che di quelle biancheggianti tutte non si trovino: similmente i fiumi a quello circostanti, più veloci di corso che copiosi d'acque, le loro arene di queste medesime chioccioline dipingono » (1).

I fossili richiamarono pure l'attenzione di Leon Battista Alberti, il quale ne parla casualmente nella sua *Architettura*, senza peraltro pronunciarsi circa la loro origine:

« Ed io fo fede che in questi tempi si sono trovate in mezzo d'un bianchissimo marmo frondi di alberi. Il Monte Vellino, che divide gli Abruzzesi da' Marsi, altissimo più di tutti gli altri, è in tutta la sua cima calvo per una pietra bianca e viva. Quivi, dalla parte che guarda l'Abruzzi, si veggono per tutto pietre spezzate, piene d'immagini simili alle conchiglie marine, non maggiori che là non le potessi tenere sotto la palma della mano. Che cosa è quella che in quel di Verona si raccolgono ogni giorno pietre, che sono per tutto in terra, intagliate con la forma del cinquefoglie, con linee terminate ed uguali, scompartite altissimamente ed esattamente finite, e poste l'una sopra l'altra con tanta mirabile arte dalla natura, che certamente non è alcun mortale, che possa imitare così a punto la sottigliezza dell'opera: e quel ch'è più da maravigliarsi è, che non si trouva sasso nessuno di questa sorte, che non stia sossopra e che non cuopra questa sua sultura. Onde penserai facilmente, che la natura non abbia

(1) *Filocolo* di GIOVANNI BOCCACCIO, corretto su i testi a penna, Vol. II [pagg. 239-40]. Firenze, Montier, 1829.

fatte tal sulture, con tanto suo artificio, per far maravigliare gli uomini, sia per suo spasso » (1).

Le forme fossili cui allude l'Alberti, e che dice rinvenute in quel di Verona, non possono essere che echinidi, probabilmente del genere *Clypeaster* o *Spatangus*, abbondanti appunto nei monti che stanno a nord di tale città.

Sono stato un po' prolisso in queste citazioni perchè a me pare importante sia messo in evidenza che da parecchi, specie dai sostenitori della ipotesi geologico-diluviale, fosse stata avanzata, discussa e comprovata l'origine organica dei fossili; il che ci fa riempire di maraviglia nel vedere poi uomini di preclaro ingegno, e che sotto altri aspetti àno acquistato un posto veramente onorevole nella storia della scienza, propugnare teoriche oltremodo fallaci. Contro queste insorge Leonardo, che non si appaga di studiare la geologia nei sistemi caldeggiati ne' libri, ma rivolge l'acuto suo sguardo indagatore alla terra. Nei molti viaggi, nelle moltissime escursioni che ebbe occasione di compiere sì in Toscana che nelle nostre regioni, per i grandiosi suoi progetti d'idraulica, Egli fu condotto ad osservare i fossili, a studiare la loro posizione ed a dedurne la vera origine, il vero loro significato. Quindi come geologo e come paleontologo la sua figura eccelle come il propugnatore di un sistema destinato a rimanere pietra miliare e fondamentale dell'attuale indirizzo di queste scienze. A buona ragione perciò lo Stoppani (2) sostenne che agli Italiani spetta il primato negli studi geologici, per amore de' quali, aggiungo, sorsero in Italia le prime collezioni, fra le quali ricorderò la Vaticana illustrata dal Mercati in una voluminosa opera, e quelle del Calceolari e del Moscardi in Verona, dell'Aldovrandi in Bologna e la Settaliana in Milano.

Mentre in Italia tanto e tanto si era discusso e si andava discutendo con inusitato fervore sulla vera natura de' fossili, e sulle teoriche diluviali, gli scienziati d'oltr'alpe rimanevano

(1) ALBERTI L. B., *Architettura* (1833), libro V, cap. XI, pag. 60.

(2) STOPPANI A., *Priorità e preminenza degli Italiani negli studi geologici*. Milano, 1862.

affatto indifferenti a sì numerose ed ardenti questioni, giacchè bisogna giungere fino all'anno 1580, in cui forse, per primo, il Palissy osò parlare in Parigi sui fossili per combattere l'opinione sostenuta dal Cardano nel suo *De Subtilitate*, opera stata tradotta in francese ed impressa in Parigi nel 1556 per cura di Richer de Blanc. Lo stovigliaio scienziato ammette che i corpi marini i quali si trovano nel seno della terra non furono trasportati dal diluvio, ma invece vennero deposti dalle acque che soggiornavano ne' luoghi medesimi, ove attualmente noi ne rinveniamo spoglie. Infine, non avendo sempre trovato esseri viventi analogi a quelli rinvenuti allo stato fossile, egli dichiara che in tale caso, gli individui appartengono a specie estinte: concetto veramente grandioso che per la prima volta fa capolino nella scienza.

« *Dubitazione.*

« Movesi qui un dubbio, e questo è se 'l diluvio venuto al tempo di Noè fu universale o no, è qui parrà di no per le ragioni che si assegneranno. Noi nella bibbia abbian che il predetto diluvio fu composto di 40 dì e 40 nocte di continua e universa pioggia, e che tal pioggia alzò dieci gomiti sopra al più alto monte dell'universo; e se così fu che la pioggia fussi universale, ella vestì di se la nostra terra di figura spherica, e la superficie spherica à ogni sua parte equalmente distante al centro della sua sfera, onde la sfera dell'acqua, trovandosi nel modo della detta condizione, elli è impossibile che l'acqua sopra di lei si mova, perchè l'acqua in se non si move, s'ella non discende; addunque l'acqua di tanto diluvio come si partì, se qui è provato non aver moto? E s'ella si partì come si mosse, se ella non andava allo in su? E qui mancano le ragion naturali, onde bisogna, per soccorso di tal dobitazione, chiamare il miracolo per aiuto, o dire che tale acqua fu vaporata dal calor del sole » (1).

Così Leonardo nel Codice Atlantico: Egli, cioè, comincia a

(1) Codice Atlantico, fol. 155 recto b.

sollevare un dubbio sulla universalità del diluvio noetico, anzi si mostra proclive, assai prima del Fracastoro ed in accordo con le ultime idee propugnate dallo Suess e da' suoi discepoli — a ritenerlo un fenomeno parziale (1).

La quantità d'acqua caduta, avendo superato di quaranta cubiti i monti più alti, avrebbe dovuto ricoprire di un invoglio sferico l'intero globo terrestre: di qui la assoluta immobilità del rivestimento acqueo e l'impossibilità di trovare una ragione del suo ritiro, senza ricorrere ad un'azione miracolosa, oppure ammettere che tale acqua sia stata evaporata per

(1) Per la storia della scienza credo utile il riportare due passi di Ristoro in cui spiega le sue idee sul diluvio.

Secondo Ristoro la maggiore o minore quantità di precipitazioni dipende dalla congiunzione delle stelle: le piogge leggiere accadono spesso, ma per opposto " la maggiore congiunzione di pluvia che mai possa essere, che occida e faccia male, e sia cupissima, e bagni altrui, e cuopra parte di tutta la terra, e questo chiamaron li savi diluvio. E questo diluvio coprendo parte della terra (la quale non la può cuoprire tutta, per cagione delle stelle c'hanno a significare, e hanno balla e dominio più in un luogo della terra che in un altro, secondo che pongono li savi), e rimanendosi l'acqua per la terra, può fare li monti, e togliere la terra da un luogo e porla ad un altro, secondo quello che noi avemo detto... „ ".

" Lo maggiore diluvio d'acqua e lo più terribile che mai possa essere, e'n quella parte della terra, per la virtude del luogo di quella congiunzione di stelle potenti, parrà che ogni cosa si converta in acqua, e apriranno le vene e li meati della terra, e l'aire si convertirà in acqua, e parrà che 'l cielo si faccia tutto acqua, e vegnane in terra: si che l'acqua coprirà li monti, e tutte le parti di quella terra, si che li animali che saranno in quelle parti della terra morranno e affogheranno. E se alcun savio sarà in quelle parti, che sappia bene della scienza delle stelle, provederassi d'innanzi, e vedrà sè e tutta la sua famiglia, secondo che si dice che fece lo savio Noè: che si provide innanzi per la scienza che gli fue data, e guardò sè e tutta la sua famiglia dal pericolo del diluvio nell'arca. E questo maggiore accidente del diluvio, c'avvenne per la maggiore congiunzione che possa essere nel mondo, e anche si dice che venne per purgare li vizii della terra „ "

(*) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 94.

(**) RISTORO D'AREZZO, *La Composizione*, ecc. (1859), pag. 95.

azione del sole: il che, quantunque non dica esplicitamente, pare a Leonardo un fenomeno affatto inadeguato.

Sciolta tale questione, che vorrei chiamare pregiudiziale, veniamo ai fossili:

« Perchè sono trovate l'ossa de' gran pesci e le ostriche, e coralli, e altri diversi nichì e chiocciole sopra l'alte cime de' monti marittimi nel medesimo modo che si trovan ne' bassi mari? » (1).

A questa autodomanda, che racchiude i più grandi problemi della Geologia e della Paleontologia, rispose Leonardo con una speciale trattazione, come si può rilevare dalla seguente annotazione:

« In questa tua opera tu ài in prima a provare, come li nichì in mille braccia d'altura non vi furon portati dal diluvio, perchè si vedono a un medesimo livello, e si vedono avanzare assai monti sopra esso livello, e a dimandare se 'l diluvio fu per pioggia o per ringorgamento di mare, e poi ài a mostrare, che nè per pioggia che ingrossi i fiumi, nè per rigonfiamento d'esso mare li nichì, come cosa grave, non sono sospinti dal mare alli monti, nè tirati a se dalli fiumi contro al corso delle loro acque » (2).

Ed infatti vari fogli del manoscritto *F*, ma specie parecchi di quello chiamato *Leic.*, contengono una lunga ed esauriente discussione relativa alla questione dei fossili. I passi estratti dal Richter dalle carte 8, 9 e 10 del citato codice inglese, ci mostrano come Leonardo non solo abbia ivi propugnate le proprie idee intorno a sì difficile argomento, ma con grande vigore e con logica serrata abbia Egli combattute le teoriche avverse a quella da lui sostenuta. L'importanza dei concetti ivi svolti è grandissima, epperchè noi non possiamo a meno che desiderare ardentemente la pubblicazione dell'intero manoscritto per poter conoscere nella sua integrità il pensiero vinciano. Forzato a servirmi dei pochi materiali fino ad ora venuti in luce, cercherò di esporre nel modo più chiaro le

(1) Codice *Leic.*, fol. 20 recto. — RICHTER, II, § 992.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 3 recto. — RICHTER, II, § 985.

questioni racchiuse nelle pagine a noi accessibili. Per non rendere poi troppo malagevole la lettura, togliere inutili ripetizioni e riordinare meglio le idee, i passi relativi ai fossili trovansi integralmente riportati nell'appendice al presente studio (1).

Leonardo anzi tutto confuta l'opinione di coloro che, pur ammettendo l'origine animale delle conchiglie marine, vogliono trovare la ragione del loro rinvenimento sulle montagne nell'azione del diluvio.

I nicchi attualmente viventi stanno sempre in luoghi vicini alle spiagge; quelli allo stato fossile dovrebbero in tal caso, Egli dice, ritrovarsi solo sopra le cime de' più alti monti, e non altrove disposti a strati, a strati.

Nemmeno à valore l'obbiezione fatta da qualcuno che, cioè, vivendo i nicchi presso le spiagge, di necessità essi sarebbero stati costretti ad innalzare successivamente il loro *habitat* con il crescere del livello del mare, causato dallo scaricarsi in esso dell'infinita quantità delle acque diluviali.

Il nicchio, che non cammina più di 3 o 4 braccia per ogni ventiquattro ore, avrebbe dovuto, nello spazio di quaranta giorni e quaranta notti consecutive, percorrere, a mo' d'esempio, 250 miglia per recarsi dal mare Adriatico ai colli del Monferrato!

D'altra parte non si può ammettere che siano stati trasportati dalle onde: sì fatti animali, essendo pesanti, vivono sui fondi. Ma ciò anche concesso, si dovrebbero tali conchiglie ritrovare sempre e solo sulle più alte cime de' monti o nei laghi rinserrati fra i grandi rilievi tellurici.

Così pure Leonardo reputa assurdo il ritenere che le onde del mare abbiano trasportato solo dei nicchi morti: nei monti le conchiglie si rinvengono disposte a strati; esse mostrano di essere state vive, avendo le loro valve appaiate; solo superiormente in certi depositi, come vedremo, si trovano gusci non rinchiusi ed altri frantumati, sicura prova che furono sbattuti e logorati dall'azione delle onde.

(1) Vedi Appendice XI.

Anche ammesso, per semplice ipotesi, il mare aumentato grandemente di livello, per le ragioni dianzi addotte le difficoltà non scemano punto. Anzitutto le torbide acque diluviali, cadendo ne' mari, dovevano, e per la violenza loro e per l'aumentato peso specifico, rimuoverne il fondo. Inoltre il cammino progressivo delle onde salse, occupanti porzioni di terra emersa, veniva ostacolato da quelle veloci e potenti che si andavano a gettare nel mare, rendendo difficilissimo il trasporto di materiali pesanti: tutto al più — ammesso come possibile — nel decrescere avrebbero dovuto depositare qua e là i corpi marini. Infine Leonardo aggiunge che le acque diluviali, scendendo precipitose, non potevano a meno che sospingere i nicchi verso il fondo del mare stesso.

V'è di più: la presenza di rottami di conchiglie marine fra strato e strato ci comprova come quel luogo sia rimasto allo scoperto e sottoposto all'azione delle onde. Concesso che tali conchiglie siano state trasportate dal diluvio, si dovrebbero trovare simili detriti solo al lembo superiore di uno strato, e non su quello di molti, successivamente depositati, a meno di non ricorrere ad una inconcepibile pluralità di diluvi.

Inoltre, ammettendosi il trasporto de' nicchi operato da tale cataclisma, dovremo necessariamente nei luoghi lontani dai mari rinvenire fossili di specie diversa, insieme mescolati, non mai disposti a strati, che racchiudono quasi sempre rappresentanti di faune molto simili.

Venendo all'opinione di coloro che ritengono i fossili prodotti da influenza delle stelle — opinione, secondo Leonardo, propria a mente di « non troppo discorso » — Egli dichiara che se dagli astri o dai luoghi emanasse un tale influsso, non si comprende come esso possa esercitarsi su tutte le specie di animali e sopra individui di età sì diversa, giacchè l'età dei nicchi può essere in modo certo conosciuta nello stesso modo con il quale vien determinata quella delle piante e delle corna degli animali (1).

(1) Nel trattato della pittura Leonardo ricorda che l'età del tronco di un albero può essere così dedotta:

I nicchi tutti sono vissuti più o meno lungamente: da ciò la necessità di cibo, per procacciarsi il quale — di regola generale (eccettuato, per esempio, le ostriche) — è necessario che l'animale faccia del moto. Questo non può al certo compiersi entro gli strati della terra, tanto più che gli esseri in discorso non mostrano una conformazione organica tale da renderli atti a forare le pietre, entro cui noi ora troviamo le loro spoglie.

Nei depositi noi scorgiamo conchiglie di ogni grandezza e forma, spesso commiste a minuta arena, a frammenti di altre specie, ad ossa ed a denti di pesci, chiamati erroneamente da alcuni saette e lingue di serpenti. Ciò costituisce una prova irrefutabile del soggiorno delle onde del mare.

Non credo utile un più minuto esame di quanto intorno ai fossili Leonardo à scritto, ed il rilievo d'alcune pecche, del resto insignificanti e spiegabili: l'esposizione fattane, sia pure in modo succinto, è sufficiente ad assegnare a Leonardo uno dei posti più onorevoli nella storia della Paleontologia.

I fossili, secondo il Vinci, non sono altro che residui di animali o di vegetali vissuti nel luogo istesso ove ai nostri dì noi ne rinveniamo le spoglie: tali esseri perirono sotto l'immane peso dei fanghi, trascinati dalle acque de' fiumi e scaricati vicino ai lidi d'allora. Con il tempo, essendosi progressivamente abbassato il livello dei mari, le fanghiglie in discorso a poco a poco restarono allo scoperto ed andarono di mano in mano solidificandosi.

Dato tale processo, si comprende come le parti molli degli organismi sieno state in linea generale distrutte, e perchè noi troviamo allo stato fossile in modo speciale le ossa dei vertebrati e le conchiglie negli invertebrati.

Ciò in linea generale, perchè Leonardo considerò anche come fossili quei petrefatti conservati per processo di pene-

“ Li circuli delli rami delli alberi seghati mostra[n] il numero delli suoi anni, e quali furono più umidi ò più secchi, secondo la maggiore o minore loro grossezza „

Trattato della Pittura (1882) Vol. II, § 829, pag. 242.

trazione di una sostanza che si modella nel vuoto lasciato dalla parte distrutta.

Egli inoltre pose mente perfino alle così dette *impronte* che un corpo animale può lasciare sugli strati molli, specie durante la locomozione; così Egli ricorda « come nelle falde, infra l'una e l'altra si trovano ancora li andamenti delli lombrici, che camminavano infra esse, quando non erano ancora asciutte » (1).

Da ultimo farò osservare che Leonardo ritiene le conchiglie fossili tutte, o quasi, di origine marina. « Dove le valate » nota « non ricevono le acque salse del mare, quivi i nicchi mai non si vedono..... » (2). L'assolutezza di tale giudizio è per altro temperata da quanto lasciò scritto in quest'altra annotazione: « Tu ài ora a provare come li nichì non nascono, se non in acque salse, quasi tutte le sorta, e che li nichì di Lombardia àno 4 livelli, e così è per tutti, li quali sono fatti in più tenpi, e questi sono per tutte le valli che sboccano alli mari » (3).

**

Ed ancora dopo le sublimi speculazioni di Leonardo la teorica che riguardava i fossili sì come scherzi di natura trovò proseliti di grande valore, quali l'Olivi, il Ceruti,: dell'influenza delle stelle fu ancora sostenitore il Mercati, il celebre autore della *Metalloteca Vaticana*; Agricola, il fondatore della metallurgia, vedeva ancora nei fossili il prodotto di una fermentazione grassa, ed Andrea Mattioli sosteneva che erano formati esclusivamente da uno speciale succo lapideo. Il Falloppio ammetteva una virtù plastica simile a quella del mare; l'Imperato sosteneva che « il dar vegetazione alle pietre, onde possano li monti inalzarsi, non è cosa fuori di speranza, e

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 recto. — Vedi Appendice XI d.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 9 recto. — Vedi Appendice XI b.

(3) Manoscritto *Leic.*, fol. 36 recto. — RICHTER, II, § 993.

di ragione, e manifestamente in molte pietre si vede la virtù vegetale » (1), teorica che trovò poi un caldo sostenitore nel dotto medico raguseo Giorgio Baglivi (1600-1720), l'illustratore del grande terremoto umbro del 1703, che scrisse appunto intorno a tale argomento una lunga dissertazione dal titolo *De vegetatione lapidum* (2).

Il Cardano poi giungeva perfino ad attribuire non solo una vita ai metalli, i quali non sarebbero stati altro se non piante sepolte e vegetanti sotto terra « ut non aliud sit metallum, aut metallica substantia, quam planta sepulta ac tota sub terra nascens » (3), ma eziandio credeva che di un'anima fossero munite le pietre, « et lapides habent animam, suum calorem, at non sentitur » (4). Ed infine, degno coronamento di tanti voli fantastici, si è la facoltà di partorire che pure alle pietre veniva concessa dall'Etmullero!! (5).

Ed ancora dopo, per essere parco nelle citazioni, i dotti per anni ed anni si arrovellarono la mente, sciuparono mari d'inchiostro e quantità colossali di carta — mi sia permesso questo fraseggiare un po' troppo secentistico — per discutere su tutti i toni, in tutte le lingue se i fossili fossero davvero avanzi di organismi un dì vissuti, e se furono trasportati dal grande diluvio che sommerse la terra, spegnendovi la vita, eccetto quella che, per alti voleri, all'arca noetica era stata affidata.

In mezzo a tanto cicalare, alta si leva la voce di un geniale artista messinese, il cui ingegno versatile — *si parva*

(1) *Historia Naturale* di FERRANTE IMPERATO, Napolitano. Seconda impressione, aggiuntovi da GIO. MARIA FERRO alcune annotazioni. [Libro VII, cap. IV, pag. 116]. Venezia, MDCLXXII.

La dedica di quest'opera è del 1599.

(2) GEORGII BAGLIVI *Opera Omnia Medico-practica et anatomica*. Editio nona, cui praeter dissertationes et alios tractatus Octavae editioni adjunctos, accedunt... [pagg. 497-523]. Antwerpiae, MDCCXV.

(3) CARDANI H. *De Subtilitate* (1664), Libro V.

(4) CARDANI H. *De Subtilitate* (1664), Apologia ecc., pag. 765.

(5) STOPPANI A., *Corso di Geologia*, terza edizione, Vol. I [pag. 90]. Milano, Bernardoni, 1901.

licet componere magnis — à molti punti di contatto con quello di Leonardo: Agostino Scilla (1629-1700), pittore di non dubbia fama, e secondo quanto ci lasciò scritto il Mongitore (1), poeta, cultore delle belle lettere, della fisica e della matematica. Egli fu eziandio erudito ed appassionato studioso di monete antiche, delle quali formò una bellissima collezione, che poi delinè con la più rara perfezione e maestria per un suo lavoro sulla numismatica sicula, che per l'avanzata sua età non potè terminare. La grande esattezza e la grande arte che egli poneva nel ritrarre gli oggetti ci è rilevata da quanto egli stesso dice: « Se mi fa d'uopo di dipingere un grappolo d'uva, bisogna che io facci ad uno ad uno i ritratti di tutti gli acini, i quali son tutti diversi in grandezza ed in forma ».

Per questa sua speciale attitudine al disegno delle cose naturali venne prescelto nella illustrazione della grande opera del Castelli sugli insetti del messinese, che lo Scilla corredò di magnifiche miniature.

Nello studio dei fenomeni naturali soprattutto si distinse il pittore messinese: mentre in generale i suoi contemporanei sostituivano alla osservazione diretta i voli sfrenati della fantasia, egli vuole procedere da una esatta e paziente disamina dei fatti. Nel suo libro dal titolo *La vana speculazione, ecc.* (2) comparò le forme fossili con quelle viventi più rassomiglianti e combattè talune assurde teoriche dell'epoca sua, proclamando il principio della osservazione in tutto ciò che va sottoposto ai sensi. Dalle proprie osservazioni fatte nel territorio reggino e messinese riconobbe gli effetti degli agenti che vanno modificando la superficie del globo, e risalì allo

(1) MONGITORE A., *Bibliotheca Sicula, sive de Scriptoribus Siculis ecc.* Tomus I [pag. 97, col. 1^a]. Panormi, MDCCVII.

(2) *La Vana Speculazione disingannata dal senso. Lettera risponsiva circa i Corpi Marini, che Petrificati si trouano in varij luoghi terrestri*, di AGOSTINO SCILLA, Pittore, Accademico della Ficina, detto lo Scolorito, dedicata all' *Illustrissimo Signore, Il Signore D. Carlo Gregori, Marchese di Poggio Gregorio, Cavaliero della Stella*. In Napoli, appresso Andrea Colicchia. MDCLXX, in 8°, di pagg. x-168, con 28 rami.

studio delle cause che nelle epoche geologiche trascorse produssero i grandi mutamenti, cui l'uomo non à assistito, ma dei quali la natura ci à conservato sicure testimonianze. In tale opera lo Scilla combattè pure la teorica della vegetazione delle pietre, sostenendo in sua vece l'accrescimento periferico e proclamando che i fossili, senza alcun dubbio, sono avanzi di animali vissuti nel mare. Infine egli molto accuratamente ed acutamente li studiò non solo in sè stessi, ma eziandio in rapporto con la loro giacitura e con la roccia che li racchiude (1).

*
**

Se Leonardo non à potuto intravedere, come più tardi il Palissy, che le reliquie organiche fossilizzate nelle viscere della terra appartengono, in genere, a specie di piante e di animali ora estinti, cioè definitivamente scomparsi dalla superficie del globo, lo si deve certamente attribuire al fatto che Egli potè meglio osservare e studiare località ove prevalgono formazioni terziarie, le quali, come è noto, sono appunto caratterizzate da conchiglie od identiche o molto somiglianti alle forme attualmente viventi nei nostri mari.

Così, per esempio, ricorderò che la località fossilifera di Monte Mario, presso Roma, ai nostri dì oggetto di tante discussioni, richiamò pure l'attenzione del Vinci, fra le cui annotazioni troviamo appunto la seguente: « Fatti insegnare dove sono li nicchi a M^{te} Mario » (2).

Menziona pure i fossili dell'Appennino parmigiano e piacentino, annotando a tal proposito: « Vedesi in nelle montagnie di Parma e Piacenzia le moltitudini di nichì e coralli intarlati, ancora appiccati alli sassi, de' quali, quand'io facevo il gran

(1) Intorno allo Scilla geologo à scritto un pregievole, sebbene breve lavoro il Prof. G. SEGUENZA, dal titolo: *Discorso intorno Agostino Scilla*, letto nel Liceo Maurolico... il giorno 17 marzo 1868. (Messina, 1868).

(2) Codice Atlantico, fol. 92 recto.

cavallo di Milano (1), me ne fu portato un gran sacco nella mia fabbrica da certi villani, che in tal loco furon trovati, fralli quali ve n'era assai delli conservati nella prima bontà » (2).

E più oltre: « Alessandria della Paglia in Lombardia non à altre pietre da far calcina, se non miste con infinite cose nate in mare, la quale oggi è remota dal mare più di 200 miglia » (3).

Sulle formazioni più antiche abbiamo solo il seguente cenno:

« Truovasi nelle montagne di Verona la sua pietra rossa mista tutta di nichii convertiti in essa pietra, dalli quali, per la loro bocca, era gommata la materia d'essa pietra, ed erano in alcuna parte restati separati dall'altra massa del sasso che li circondava; perchè la scorza del nichio s'era interposta, e non li avea lasciati congiugnere; E in alcun altra parte tal gomma avea petrificate le invecchiate e quasi la scorza » (4).

Nel quale si allude al rosso ammonitico (titonico), al cui piano appartengono appunto i calcari conosciuti sotto il nome generico e classico di « marmo di Verona » (5), che forse più che sul posto Leonardo conobbe perchè adoperati di preferenza nell'architettura lombarda.

*
*
*

Prima di chiudere la trattazione sui fossili, credo utile richiamare l'attenzione degli studiosi sopra una scoperta preistorica che Leonardo ci attesta essere stata fatta a' suoi tempi: alludo al rinvenimento di un canotto primitivo interrato nei depositi alluvionali di Candia Lomellina, in provincia di Pavia.

(1) La grande statua equestre di Francesco Sforza.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 9 verso. — RICHTER, II, § 989. Vedi Appendice XI c.

(3) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 verso. — RICHTER, II, § 1056.

(4) Manoscritto *Leic.*, fol. 9 verso. — RICHTER, II, § 1061.

(5) ENRICO NICOLIS, *Note illustrative alla Carta Geologica della provincia di Verona*. Verona, H. F. Münster, 1882.

« In Candia di Lombardia, presso Alessandria della Paglia, facendosi per messer Gualtieri di Candia uno pozzo, fu trovato uno principio di navilio grandissimo sotto terra, circa a braccia 10, e perchè il legname era nero e bello, parve a esso messer Gualtieri di fare allungare tal bocca di pozzo in forma che i termini di tal navilio si scoprissero » (1).

Detto canotto fu rinvenuto adunque alla profondità di circa 10 braccia, che corrispondono ad un dipresso a metri 6: noto a tal riguardo che Candia è vicinissima al Po, e che negli scavi per la costruzione delle pile del ponte tubulare gettato su tal fiume nei pressi di Mezzana Corti, in servizio alla ferrovia Voghera-Pavia, fu trovato alla profondità di m. 7,50 un cranio umano, ed a quella di m. 10,80 due enormi corna e varie porzioni di un altro corno, di scapola ed una vertebra cervicale di cervo, diligentemente studiate dal Gastaldi (2). Suffragata da questo fatto, la scoperta della piroga di Candia assume importanza non solo per la storia fisica locale, ma eziandio perchè essa viene ad aggiungersi al ristretto numero di quelle di cui si hanno per l'Italia notizie e che sono i canotti di Polada (Monte Lonato — Brescia), delle torbiere di Mercurago (Arona — Novara), di San Giovanni del Bosco (Ivrea) e di Campagna Lupia (Venezia), l'ultimo dei quali non si sa però se rimonti veramente alle età preistoriche.

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 9 verso. — RICHTER, II, § 1055.

È scritto ripetutamente al Sindaco di Candia Lomellina per chiedere alcuni schiarimenti in proposito, ma non è potuto avere risposta alcuna.

(2) *Intorno ad alcuni fossili del Piemonte e della Toscana*, breve nota di B. GASTALDI. [In] *Mem. R. Acc. delle Sc.*, Serie II, Vol. XXIV. Torino, 1866.





CAPITOLO XVIII.

Le trasformazioni dei paesaggi terrestri.

Le trasformazioni dei paesaggi terrestri e le variazioni nella distribuzione dei mari e delle terre. — Concetti degli antichi filosofi: opinione di Leon Battista Alberti, di Fracastoro, del Pontano e di Cardano. — Un apologo arabo del secolo XIII. — L'azione del tempo; i capisaldi della geologia. — Evoluzione del bacino eritreo, mediterraneo e di quello del Danubio. — Le trasformazioni geologiche del Valdarno. — Effetti delle trasformazioni della superficie terrestre sulla posizione del centro del globo terracqueo.

DALLE considerazioni degli effetti prodotti dalle acque sulla evoluzione dei rilievi tellurici, e dalle idee più sopra accennate e discusse sulla natura dei fossili e sulla loro distribuzione, Leonardo deduce che la superficie del nostro pianeta non à presentato sempre l' identico aspetto; che essa invece è andata trasformandosi lentamente, ma continuamente.

Ond'egli può scrivere:

« Le sommità de' monti per lungo tempo sempre s'innalzano.

« I lati opposti de' monti sempre si avvicinano: le profondità delle valli, le quali son sopra la sfera dell'acqua per lungo tempo s'approvinquano al centro del mondo.

« In equal tempo molto più si profondano le valli che non s'alzano i monti.

« La base de' monti sempre si fanno più strette.



« Quando la valle più si profonda più si consuma de' suoi lati in più breve tempo » (1).

Ed oltre a ciò:

« Come li fondi de' fiumi col tempo sollevano inverso la superficie delle acque come mostra l'Arno che corre da Monte Lupo in giù, che già vi fu mare, che prima non corre » (2).

Od in altri termini: « Le valli al continuo si fan di superficie tanto più alta quanto esse più s'avvicinano al mare. Pruovasi per la 10ª che disse: li fiumi al continuo portar terreno dalli monti al mare, e nulla portano dal mare a monti » (3).

« Come le rive del mare al continuo acquistano terreno inverso il mezzo del mare: Come li scogli e promontori de' mari al continuo ruinano e si consumano... » (4).

Forse a questi concetti evolutivi Leonardo fu anche indotto dalla teorica da lui svolta e propugnata, per la quale la terra, come è già detto, è considerata un colossale e complesso organismo vivente, al pari di ognun de' quali necessariamente deve compiere il proprio ciclo evolutivo.

Tale lento lavoro di distruzione e di ricostruzione che, senza posa, senza la minima interruzione si compie, produce lente variazioni nella configurazione de' paesaggi terrestri, nella distribuzione reciproca dei mari e delle terre. Onde Leonardo:

« Del mare che cigne la terra. »

« Io trovo il sito della terra essere ab antico nelle sue pianure tutto occupato e coperto dall'acque salse, e i monti,

(1) Manoscritto *L.*, fol. 76 recto.

Uguali concetti troviamo accennati pure nel trattato della pittura; ivi dopo aver parlato dell'azione trasformatrice dell'acque scorrenti e piovane, aggiunge: « per quel [che] dietro a questa è concluso, gli è necessario concedere che le basi de' monti e de' colli al continuo si restringono: s'endo così no[n] si può negare che le valli non si allarghino ».

Trattato della Pittura, (1882), Vol. II, § 805.

(2) Codice Atlantico, fol. 74 recto a (59 e 58).

(3) Codice Atlantico, fol. 259 recto (cancellatura).

(4) Manoscritto *Leic.*, fol. 20 recto. — RICHTER, II, § 953.

ossa della terra, colle loro larghe base, penetrare e elevarsi infra l'aria coperti e vestiti di molta ed alta terra. Di poi le molte piogge, accrescimento dei fiumi, con ispessi lavamenti à dispogliati in parte l'alte cime d'essi monti, lasiando il loco della terra, il sasso si trova essere circondato dall'aria, e la terra d'essi lochi partita e g.... E la terra delle spiagge e dell'alte cime delle montagne è già discesa alle sue base, e à alzato i fondi de' mari, ch'esse base circavano, e fatta scoperta pianura, e di lì, in alcun loco, per lontano spazio à cacciato i mari » (1).

Quindi « nessuna parte della terra si scopre dalla consumazione del corso dell'acqua, che già non fussi superficie di terra veduta dal sole » (2).

Concetto veramente grandioso, degno coronamento di un sublime edificio, ma non però nuovo, giacchè accennato da Aristotele, da Strabone, da Plinio e da altri, e mirabilmente espresso da Ovidio ne' seguenti versi, che io vorrei vedere scolpiti nelle sale de' nostri musei:

“ Vidi ego quod fuerat quondam solidissima tellus,
Esse fretum: vidi factas ex aequore terras;
Et procul a pelago conchae jacuere marinae,
Et vetus inventa est in montibus anchora summis.
Eque paludosa siccis humus aret arenis,
Quaeque sitim tulerant, stagnata paludibus hument „

e da quest'altri del Pontano, più prolissi, ma non meno efficaci:

“ mutantur in aevum
Singula, & inceptum alternat natura tenorem,
Quodque dies antiqua tulit, post auferet ipsa.
Hoc mare quod nunc ingenti duo littora tractu
Europam, Lybiamque secat (non fabula) quondam

(1) Codice Atlantico, fol. 126 verso b.

Nello stesso manoscritto [al fol. 321 verso (971 recto)] troviamo un analogo, ma meno completo concetto: « Tutte le pianure che son dalli mari alli monti, sono già state coperte dall'acqua salsa „

(2) Codice Atlantico, fol. 45 verso a.

Tellus una fuit, medio stetit aequore taurus
 Insudans sulco, atque attrito vomere fissus:
 Nunc mersa tellure natat vento acta carina.
 Vulcano sacra & fumoso vertice anhelans
 Insula Cyclopum horrisonis incudibus antrum,
 Nulla olim: nunc nulla Elio Nonacria, ut illam
 Fluctibus, iratoque absorbit aequore Nereus.
 Aegiptum Casij solvens de rupe secabat
 Nauta vagus: non dum ullum illi nomenque, decusve,
 Sed pelago stagnante palus, udaeque lacunae:
 Nunc regio, & populos late foecundat, & urbes,
 Pyramidum ostentans monumenta, & nomina Regum.

 adveniet lustris properantibus aetas,
 Cum pelago emerget tellus nova, cum mare terris
 Incumbens mole ingenti, simul oppida, & arces
 Cultaque sub rapido secum feret hausta profundo.

 Parte alia exurgent immani corpore montes,
 Et nigra primo coelum caligine tingent
 Fumosis juga verticibus, nondum aere aperto,
 Nec sicca tellure satis. Post tempore certo
 Terra recens, coelumque novum, nova littora & udi
 Labentes passim Lynphis crepitantibus amnes
 Incipient praeberere novis alimenta colonis,
 Paulatimque novus fato instaurabitur orbis » (1).

*
**

L'idea di una evoluzione tellurica rappresenta una concezione assai diffusa nell'epoca (2), derivata in molti dallo studio

(1) PONTANI J. J. *Liber de Meteoris* (1539), pagg. 82-84.

(2) Anche Alberto Magno implicitamente ammette che certe parti prima si trovavano ricoperte dalle acque marine, e che poscia vennero rese asciutte, e viceversa, e citato a tal proposito l'Egitto, aggiunge: " amplius autem in mari accidit aliquando, quod loca quae profunda erant, aliquando in abyso aquae exiccantur, & loca quae sicca erant, profundantur » (*De Meteoris* [in] *Opera*, Vol. II (1651), pag. 52, col. 1-2).

Anche il Bellocense opinava che dai tempi del diluvio in poi le

diretto della natura, come per esempio in Leonardo ed in Fracastoro: in altri invece prodottasi per il diffondersi trionfale dell'umanesimo, che fece rivivere i canoni della scienza antica.

Così per esempio, secondo Manilio:

“ Omnia mortali mutantur lege creata
Nec se cognoscunt terre vertentibus annis „

Della evoluzione dei paesaggi terrestri fu pure fautore Leon Battista Alberti, il quale a sostegno di tale opinione riporta alcune proprie ed interessanti osservazioni:

« ... per l'assidue piove la superficie de' monti e le coste loro si dilavano, e continuamente ne portano giù al basso del terreno, donde nasce che in lunghezza grande di tempo e monti scemano dell'altezza loro che si dimostra, per molti luoghi alti e eminenti che prima per l'altezza del monte che s'interponeva non si vedevano che di poi come è detto in spazio di tempo cominciano apparire le sommità loro. E monte Morello che è sopra la città di Firenze, altissimo al tempo de' padri nostri, soleva essere tutto verde per la copia assai degli abeti che v'erano, e ora detta superficie del monte è rimasta nuda e tutta aspera e logora, che se io non m'inganno non è stato se non per le assidue piogge e dilavazioni che s'è fatta mediante quelle » (1).

Così pure dicasi del Fracastoro, il quale ne' suoi *Omocentrici*, a tal riguardo così si esprime:

« ad ipsas praeterea insularum montiumq. generationes, si quis respiciat, uideatq̄ tempus illud fuisse, quum e mari facti

montagne avessero perduto continuamente della loro altezza, sia per l'azione trasformatrice dell'atmosfera e delle meteore acquee, sia per quella distruggitrice del flusso e del riflusso del mare. — Cfr. *Speculum quadruplex, naturale, doctrinale, morale, historiale. Argentinae*, Joannes Mentelin, 1473 e 1476. *Speculum naturale*, Libro VII, cap. XX.

(1) ALBERTI L. B., *Arte edificatoria* [in] *Opere Volgari...* per la più parte inedite e tratte dagli autografi dal Dott. ANICIO BONUCCI, Vol. IV (1867), libro III, cap. III [pag. 327]. Firenze, tipogr. Galileiana.

& olim mari contacti fuerint, futurumque rursus, ut qua mare nunc integit, habitabile olim fiat, quodque habitatur ac colitur, condendum quandoque oceano fore, tum uideat maximas illas terrae mutationes, eluiones, exarsiones, magnasque aestates illas, atque hiemes, quas Aristotheles refert..., agnoscet quidem in caelo mutationes esse oportere, quae tanta efficiant, longe alias & maiores, quam illae sicut, quas quotidie uidemus in angusto admodum constitutas » (1).

Infine riporterò dal Cardano il seguente passo:

« Sed mutatur ratio magnitudinis per tempora. Omnium enim mortalium quaedam est vicissitudo: namq. fluvii influentes non solum amnes alios, in quos influunt, sed etiam maria siccare consueverunt » (2). A queste parole tengono dietro vari esempi tratti da Erodoto, da Polibio e da Strabone. Tali citazioni potrebbero indurci a ritenere che il Cardano abbia tratto il concetto della evoluzione tellurica dai libri, anziché dallo studio della natura: ma a ricrederci gioverà un attento esame del passo in parte riportato a pagina 218-19 del presente studio, cui susseguono le linee che qui appresso trovansi riprodotte, dalle quali emanano idee assai originali e giuste, degne di fermare l'attenzione di colui che investiga nelle vecchie pubblicazioni la storia della geologia:

« In mari vero scopuli eadem ratione constant: atque ex insulis exesa terra a fluctibus oriuntur: iidem accedente terra, aut intumescente, in insulas evadunt. Ob id pleraeque insulae montibus abundant: quod si mare siccetur, scopuli in montes evadunt. Ob id nihil mirum in montibus iuxta mare inveniri

(1) H. FRACASTORII *Homocentrica* (1858), Sectio I, cap. XII, fol. II recto.

Anche nella *Magni Fracastorii sententia*, citata a pag. 222 e riportata nell'Appendice (Num. X), trovasi espresso un concetto evolutivo:

« ...montes omnes a mari factos fuisse asseverabat, primum jactata arena in cumulos fuisse quae olim mare, ubi nunc montes et insulas, quod in dies videtur fieri, quando et Aegyptus tota mari olim obruta fuerit, et in littoribus etiam Italiae ut circa Ravennam apparet, ubi longe abest mare ab eo quod olim fuerat passuum centum ».

(2) CARDANI H. *De Subtilitate* (1664), libro II, pag. 115.

navium partes, & ostrea, atque conchyglia. Quid enim hoc aliud est, quam montes illos olim fuisse maris scopulos, aut aliquando inundationem aliquam gravem praecessisse? Et quanquam montes aquarum injuriis saepe resistant, cadunt tamen quandoque, aqua illorum radices erodiente: sed hoc rarum, ac parvis montibus solum contingit: ruunt in terrae-motu, & terra dehiscente, ob gravitatem in ima descendunt: alii mari sensim corripiuntur. Franguntur & ventis validis ac frigoribus, ut non tutum sit iuxta rupes & sub eis esse... » (1).

*
* *

Lo studio delle lente oscillazioni del suolo, intraviste dagli antichi scienziati, dopo le ricerche intraprese da Celsius e da Linneo (ricerche condannate dalla scienza dogmatica d'allora, imperando il concetto dell'assoluta immobilità della crosta), à messo in luce moltissime ed importanti modificazioni avvenute anche storicamente nella oroidrografia superficiale del nostro globo.

Durante le epoche geologiche, perdurate milioni e milioni d'anni, le mutazioni furono sì importanti da cambiare radicalmente l'aspetto esteriore del nostro pianeta.

Ad ogni modo tali cambiamenti raramente sono a noi sensibili perchè avvengono sì lentamente che occorrono, prima che se ne possano scorgere gli effetti, lunghi periodi di tempo, rispetto ai quali la vita umana è breve, a meno di non essere dotati della magica possanza che Mahamed Kazwini — autore arabo che fiorì nel secolo VII dell'Egira, ossia verso la fine del secolo XIII dell'era nostra — suppone possedere Kindhz, il protagonista di una sua opera intitolata *Adjaïb Almaklouloukat*, ossia *Le meraviglie della natura*, il cui manoscritto si conserva nella Nazionale di Parigi (2).

(1) CARDANI H. *De Subtilitate* (1664), libro II, pag. 105.

(2) [ELIE DE BEAUMONT], *Fragmens géologiques tirés de Stenon, de Kaswini, de Strabon et du Bouin-Dehesch* [in] *Annales des Sciences Naturelles*, Vol. XXV [pag. 337-95]. Paris, 1832.

Racconta costui che un bel giorno pervenuto in una città, che si diceva antichissima, e che era allora assai popolata, interrogò uno de' suoi abitanti per sapere da quanto tempo ella era stata fondata: e s'ebbe per risposta che nessuno, nemmeno gli antenati, ciò ricordavano.

Cinque secoli più tardi, essendo ripassato per lo stesso luogo e non avendo scorto più alcuna traccia della città, prima vista, interrogò un contadino intento a raccogliere delle erbe, per sapere da quanto tempo quella era stata distrutta: l'agricoltore maravigliato, rispose che il terreno era stato sempre tale quale al presente lo si vedeva, e che i suoi antenati non gli avevano mai parlato della esistenza della città antichissima cui egli alludeva. Ritornato cinquecento anni più tardi nello stesso luogo, trovò di bel nuovo tutto cambiato: il mare occupava quella regione. Avendo domandato ad un gruppo di pescatori da quanto tale terra fosse stata invasa dalle acque, ottenne per risposta che nessuno ciò sapeva. Ritornato dopo un egual tempo trovò che il mare era scomparso, ed avendo chiesto da che epoca datasse sì fatto cambiamento, non ottenne risposta diversa dalle precedenti. Infine, essendo ritornato dopo altri cinquecento anni, vi ritrovò una nuova città, più florida e popolata di quella vista la prima volta: chieste informazioni sulla origine, tutti gli abitanti concordi asserivano che la data della fondazione era sì antica, da perdersi nella notte de' tempi e che perciò da tutti era ignorata.

L'azione degradatrice degli agenti esogeni, simboleggiata dal tempo edace, intorno al quale Leonardo scrive: « O tempo, consumatore delle cose e, o invidiosa antichità, tu distruggi tutte le co[se] e consunate tutte le cose da' duri denti della vecchiezza, a poco a poco, con lenta morte. Elena, quando si specchiava, vedendo le vize grinze del suo viso fatte per la vecchiezza, piagne e pensa seco perchè fu rapita du' volte. O tempo consumatore delle cose, e, o invidiosa antichità, per la quale tutte le son consunate... » (1) — l'azione degradatrice, dico, con la sua opera tarda ma possente, chè continua

(1) Codice Atlantico, fol. 71 recto a.

e costante, fa lentamente abbassare le cime de' monti: i materiali disgregati son dall'acqua lontano, lontano portati fino a raggiungere il silente fondo de' mari, l'immenso oceano, il cui fondo deve di continuo innalzarsi.

Ma se troppo breve è la vita dell'uomo per potere (salvo bene inteso casi speciali) valutare gli effetti delle lente trasformazioni dei paesaggi terrestri dipendenti dalle oscillazioni della crosta, la scienza à ritrovato i capisaldi che ci additano l'imperio degli antichi mari, e Leonardo, anticipando il pensiero moderno, scrive:

« Perchè molto son piu antiche le cose che le lettere, non è maraviglia, se alli nostri giorni non apparisce scrittura delli predetti mari essere occupatori di tanti paesi; e se pure alcuna scrittura apparia, le guerre, l'incendi, li diluvi dell'acque, le mutazioni delle lingue e delle leggi ànno consumato ogni antichità: ma a noi bastano le testimonianze delle cose nate nelle acque salse ritrovarsi nelli alti monti, lontani dalli mari d'[all]ora » (1).

L'importanza grandissima dei fossili è qui giustamente riconosciuta: per di più aggiungerò che la presenza di un pesce petrefatto suggerì a Leonardo delle considerazioni, che superano per originalità e precisione quelle rimaste celebri del Cuvier e dell'Hooke, ripetute in tutti i trattati di Geologia:

« O tempo veloce predatore delle create cose, quanti re, quanti popoli ài tu disfatti, e quante mutazioni di stati e vari casi sono seguite dopo che la maravigliosa forma di questo pescie qui morì per le caverne e ritorte interiora [della terra]; ora disfatto dal tempo paziente giaci in questo chiuso loco, colle spolpate e ignude ossa ài fatto armadura e sostegno al sopra posto monte » (2).

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 31 recto. — RICHTER, II, § 984.

(2) Manoscritto *Br. M.*, fol. 156 recto. — RICHTER, II, § 1217.

*
**

I problemi di geografia preistorica che più preoccuparono la mente di Leonardo, sono quelli che riguardano l'evoluzione del bacino del Mediterraneo e del Mar Rosso.

Esaminiamo succintamente i due passi principali:

« Versò l'acqua Mediterrana lungamente pel Mare Rosso, il quale è largo cento miglia e lungo mille cinquecento; è tutto pieno di scogli, e à consumato i lati del Monte Sinai, la qual cosa testimonia non da innondazione del Mar d'India, che in tali liti percuotesse, ma da una ruina d'acqua, la qual portava con seco tutti li fiumi che soprabbondavano al Mare Mediterraneo, e oltre a questo il riflusso del mare; e poi essendo tagliato nel ponente, 3 mila miglia remoto da questo loco, il Monte Calpe è spiccato dal Monte Abila, e fu tal taglio fatto bassissimo nelle pianure che si trovano infra Abila e l'Oceano a piè del monte in loco basso, aiutato dal concavamento di qualche vallata fatta da alcun fiume che quivi passasse; venne Ercole ad aprire il mare nel ponente, e allora l'acque marine cominciarono a versare nell'Oceano occidentale e per la gran bassezza, il Mare Rosso rimase più alto, onde l'acque anno abbandonato il corso di quivi; sempre poi anno versato l'acque per lo stretto di Spagna » (1).

Questo passo invero è alquanto oscuro, ma io credo che il concetto che animava Leonardo nel dettarlo si possa riassumere così: il Mediterraneo comunicava dapprima con il Mar Rosso; la grande quantità d'acqua che dal primo passava al secondo, insieme all'azione del flusso e riflusso anno fatto corrodere le falde del Sinai. Apertosi poscia lo stretto di Gibilterra, sia per cause naturali, sia per l'intervento di Ercole, il Mediterraneo cessò di versare le proprie acque nel Mar Rosso per scaricarle invece nell'Oceano Atlantico.

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 31 recto. — RICHTER, II, § 1091.

Induce molta meraviglia il vedere che mentre Leonardo nella questione del diluvio rifugge dall'introdurre forze estranee a quelle della natura (1), nell'apertura dello stretto di Gibilterra ricorra alla mitica opera di Ercole. Però in quest'altro appunto tale favoloso intervento non viene menomamente accennato :

« L'acque marine che dal mare Mediterraneo nell'Oceano discendeano, per la immensa percussione data sopra il fondo han concavato esso fondo assai sotto la superficie d'esso Oceano, il qual cavamento s'ha tirato dietro insieme colla sua caduta, insino a tanto ch'e pervenuto al fin del cañal gaditano che oggi ci si mostra.

« Può esser caduta una montagna, e serrata la bocca del Mar Rosso e proibito l'esito del Mediterraneo, e così ringorgato tal mare abbia per esito il transito infra li gioghi gaditani: perchè il simile abbiam veduto alli nostri tempi cadere un monte di sette miglia, e serrare una valle, e farne lago: e così son fatti la maggior parte de' laghi, de' monti, come lago di Garda, di Como e Lugano e Lago Maggiore.

« Il Mediterraneo poco s'abbassò pel taglio gaditano nelli confini della Soria, e assai in esso taglio, perchè prima che tal taglio si creasse, esso mare versava per scirocco, e poi s'ebbe a fare la calata che corresse a tal gaditano » (2).

Adunque Leonardo ammette che una immane frana od un grandioso scoscendimento, abbia intercettata la comunicazione del Mediterraneo con il Mare Rosso, per cui le acque di quello andarono aumentando di livello finchè riuscirono ad aprirsi un varco attraverso l'istmo gaditano, lungo il quale, per azione meccanica, scavarono a poco a poco un canale profondo.

I problemi accennati da Leonardo sono fra i più difficili della Geologia. Se la punta di Gibilterra fosse unita in epoca geologica recente all'Affrica è impossibile affermare in modo

(1) Codice Atlantico, fol. 155 recto *b*.

È riprodotto integralmente questo passo a pag. 229 del presente studio.

(2) Codice Atlantico, fol. 321 verso, [in] *Saggio*, ecc. (1872), tav. VII.

sicuro: è probabile però che la separazione sia abbastanza antica, ad ogni modo certamente anteriore al pliocene.

Riguardo al Mar Rosso noto che da uno studio recente del Prof. Issel (1) risulta che alla fine del miocene e durante il pliocene non comunicava con il Mediterraneo, mentre durante il quaternario antico ebbe verso nord una larga comunicazione con detto mare, che occupava tutto il Basso Egitto, mediante l'estuario del Nilo, il quale, a sua volta, aveva un corso diverso dall'attuale.

Ciò ripeto senza voler in alcunchè dare alle parole di Leonardo una portata maggiore di quello che realmente abbiano ed attribuirgli supposte divinazioni, incompatibili con il complesso delle sue conoscenze.

Altro problema di geologia continentale che Leonardo accennò ne' suoi manoscritti, è quello relativo al Danubio, che qui appresso riporto integralmente senza aggiungere cenno alcuno.

« Il Danubio si lascia per mezzo di Austria e Albania e per tramontana Bavaria, Polonia, Ungheria, Valachia e Bosnia; versava adunque il Danubio, over Danoia, nel mare di Ponto, il quale s'astendeva insino vicino all'Austria e occupava tutta la pianura che oggi discorre esso Danubio, e 'l segno dicono mostrano l'ostriche e li nichi e bovoli e cappe e ossa di gran pesci, che ancora in molti lochi si trovano nell'alte coste de' predetti monti; ed era tale mare fatto per la ringorgazione delli rami del Monte Adula, che s'astendevano a levante e si congiugneano colli rami del Monte Tauro, che s'astendono a ponente, e circa alla Bitinia versavan l'acque d'esso Mare di Ponto nel Propontico, cadendo nel Mare Egeo, cioè Mar Mediterraneo, dove poi il lungo corso spiccò li rami del Monte Adula dalli rami del Monte Tauro; il Mare di Ponto s'abassò e scoperse la Val di Danubio colle prenominate provincie, e tutta l'Asia Minore di là dal monte Tauro per tramontana e la pianura ch'è da Monte Caucasso al mare di Ponto per po-

(1) ISSEL ARTURO, *Morfologia e genesi del Mar Rosso* [in] *Atti del terzo Congresso Geografico Italiano*, Vol. II [pagg 73-89]. Firenze, 1899.

nente, e la pianura del Tanai dentro alli monti Rifei, cioè a piedi loro. Ecco che 'l mare di Ponto abbassò circa a braccia 1000 nello scoprire di tanta pianura » (1).

*
**

Riguardo alle mutazioni nella distribuzione delle terre emerse della regione che più di tutte ci interessa, Leonardo, con grandioso concetto, ammette che il bacino del Mediterraneo nell'antichissime epoche fosse più che non ora esteso; che le onde di tal mare flagellassero l'Appennino, del quale estolleivano solo, quali vere isole sorgenti in mezzo alle acque salse, le più elevate cime.

« Il seno Mediterraneo come pelago ricevea l'acque regali dell'Africa, Asia ed Europa, che a esso erano volte, e le sue acque venivano alle piagge de' monti che le circondavano, e li faceano argine, e le cime dell'Appennino stavano in esso mare in forma d'isole, circondate dalle acque salse, e ancora l'Africa dentro al suo monte Atalante non mostrava al cielo scoperta la terra delle sue gran pianure con circa a 3000 miglia di lunghezza, e Menfi risedeva in sul lito di tal mare, e sopra le pianure della Italia, dove oggi volan gli uccelli a turme, soleano discorrere i pesci a grandi squadre » (2).

Egli poi esplicitamente afferma che la grande valle padana *ab antiquo* era occupata dal mare Adriatico (3), e che il corso del fiume Arno era ne' tempi geologici ben diverso da quello che è attualmente (4): il mare Tirreno lambiva le falde occidentali del monte Albano che, unito alla Gonfolina, formava una enorme diga spingentesi fino a Serravalle, per la quale

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 1 verso. — RICHTER, II, § 1082.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 verso. — RICHTER, II, § 1085.

(3) * Come il fiume Po in breve tempo secca il mare Adriano nel medesimo modo ch'elli asseccò gran parte di Lombardia „.

Manoscritto *Leic.*, fol. 27 verso. — RICHTER, II, § 954.

(4) Cfr. i passi riportati nell'Appendice XI.

le acque, prima di versarsi in mare, ringorgavano, dando luogo nella valle istessa a due grandi laghi. Il primo de' quali occupava le località ove ora sorgono Firenze, Pistoia e Prato, l'altro comprendeva il territorio di Val d'Arno soprastante ad Arezzo e si spingeva fino a questa città: esso inoltre comunicava con il primo, sbarrato ove sorgeva Girone, e con il lago di Perugia.

Noterò di passaggio che del primo di questi laghi parla pure Giovanni Villani nelle sue storie, ammettendo che il taglio della Gonfolina sia stato fatto dalla mano industrie dell'uomo (1).

* * *

Abbiamo nelle pagine precedenti esaminato il pensiero di Leonardo relativo alle forze trasformatrici della superficie terrestre ed ai loro effetti: abbiamo visto come da una parte per l'azione delle acque di pioggia e scorrenti i rilievi tellurici tendano incessantemente a diminuire d'altezza, e dall'altra invece come i materiali trascinati e depositati ne' fondi dei mari, tendano a far emergere nuove formazioni. Il concetto della evoluzione tellurica è sì radicato nella mente di Leonardo che Egli ammette abbia pure avuta una influenza sugli « ufficii » che il nostro pianeta esercita sul suo satellite: « Come la terra, facendo ofizio di luna, à perduto assai del lume antico nel nostro emisferio, pel calare delle acque, com'è provato il (*nel*) libro quarto de mundo e aque » (2).

Inoltre Egli stima che gli effetti di tale immenso lavoro di distruzione e di ricostruzione non possono a meno di indurre mutazioni nelle condizioni meccaniche del globo terrestre: problema assai complesso, alla cui illustrazione Leonardo destinò alcuni capitoli del grande suo trattato, come appare dalla seguente annotazione:

(1) Vedi Appendice XII.

(2) Manoscritto F., fol. 69 verso.

« Questi libri contengono in ne' primi della natura dell'acqua, in se, ne' sua moti: li altri contengono delle cose fatte dai sua corsi, che mutano il mondo di centro e di figura » (1).

Nei varî manoscritti vinciani troviamo qua e là qualche pensiero che chiarisce il concetto che animava la mente del nostro scienziato. Esaminiamo brevemente i più interessanti.

« Il flusso e refluxo del mare al continuo muove la terra con tutti gli elementi, dal centro delli elementi. Pruovasi per la prima di questo, che disse, il centro del mondo tener conto di ciò che è maggiore di lui, perchè nessuna conca è minore di lui. Il centro del mondo è immobile per sè; ma il sito dove si trova sempre è in moto per diversi aspetti. Il centro del mondo se li muta al continuo el sito, delle quali mutazioni alcuna à più tardo moto che l'altro, con ciò sia che una ne si varia ogni 6 ore, e alcuna è fatta in molte migliaia d'anni. Ma quella di 6 ore nasce dal flusso e refluxo del mare, l'altra deriva dalla consumazione delle montagne, per li moti de l'acque, nati dalle piove e dal continuo corso de' fiumi. Mutasi il sito al centro del mondo, e non il centro al sito, perchè tal centro è immobile, e 'l sito al continuo si move per moto rettilinio, e non mai tal moto saria curvilinio » (2).

Leonardo adunque dice che il centro di gravità del globo terracqueo è fisso: ma che i punti della massa che lo vengono ad occupare sono variabili per le deformazioni superficiali causate dagli agenti esogeni: di queste alcune si avvengono in un breve periodo di tempo, di sei ore, e son causate dalla marea (3); altre invece avvengono in uno spazio

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 5 recto. — RICHTER, II, § 919.

(2) Codice Atlantico, fol. 102 recto b.

Questo passo costituisce il cap. XXX del libro I [pagg. 285-86] del trattato *Del moto e misura dell'acqua* (1826).

(3) L'azione del flusso e riflusso del mare in rapporto a tale ordine di idee è pure accennato in questa annotazione:

« Della inequalità del peso che da il frusso e refrusso del mare. El qual vien dalla somma de' fiumi ».

Codice Atlantico, fol. 200 recto.

di tempo lunghissimo e sono date dalla degradazione, dalla erosione e dal successivo trasporto e deposito dei materiali operati dalle acque meteoriche e scorrenti.

Con ciò si spiega benissimo l'apparente bisticcio « mutasi il sito al centro e non il centro al sito..... » e vien reso chiaro anche il seguente passo:

« Il cietro del mondo sempre muta sito nel corpo della terra fugiendosi diverso il nostro emisperio.

« Questo si dimostra pel sopra detto terreno il quale è tolto continuo dalle spiaggia over lati de' monti, e portato ai mari che quanto più leva di qua più alleggerisce, e per conseguenza più a[g]grava dove tal terreno è scaricato dall'onde marittime, onde è necessario che tal cietro si muti di sito » (1).

Esaminiamo ora quest'altro:

« *Del mare che muta il peso della terra.*

« Li nichì, ostrighe e altri simili animali, che nascano nelli fanghi marini, ci testimoniano la mutazion della terra intorno al cietro de' nostri elementi: pruovasi così: Li fiumi reali senpre coran con torbidime, mediante la terra, che per lor si leva mediante la confregazion delle sue acque sopra il fondo e nelle sue rive, e tal consumazione scuopre le fronte de' gradi fatti a suoli di quelli nichì che stan nella superficie del fango marino, li quali in tal siti nascerono, quando l'acque salse li coprivano. E questi tali gradi eran ricoperti di tempo in tempo dalli fanghi di varie grossezze condotti al mare dalli fiumi con diluvi di diverse grandezze; e così tali nicchi restavano murati e morti sotto tali fanghi conposti in tanta altezza, che tal fondo si scopriva all'aria. Ora questi tali [f]ondi sono in tanta altezza che son fatti colli, o alti monti e li fiumi, consumatori de' lati d'essi monti, scoprono li gradi d'essi nichì, e co[s]ì il levificato lato della terra al continuo s'inalza, e li antipodi s'accostano più al cietro del mundo, e li antichi fondi del mare son fatti gioghi de' monti » (2).

(1) Manoscritto L., fol. 13 verso.

(2) Manoscritto E., fol. 4 verso.

Non mi dilungherò a parlare intorno ai fossili ed alle mutazioni avvenute nella distribuzione dei mari e delle terre emerse: i pensieri di Leonardo relativi a tali problemi furono oggetto di speciale trattazione nel presente studio. Di importante nel passo citato emerge il seguente concetto: per l'erosione si levificano le regioni emerse: però siccome i materiali trascinati dalle acque vanno a depositarsi nel mare che copre l'emisfero a noi opposto — perchè pare da questo passo che Leonardo ammetta la terra emersa trovarsi tutta nel nostro emisfero (1) — così il centro della terra va sempre spostandosi verso l'emisfero opposto, e quindi allontanandosi dal nostro, che è quello levificato.

Quindi:

« Quella parte della superficie di qualunque grave si farà più remota dal centro di tale gravità, la quale si farà di maggior levità.

« Adunque la terra elemento dove i fiumi levano le spiege de' monti e portano al mare, è 'l loco donde tal gravità si remove; [essa] si farà più lieve e per conseguenza più si farà remota dal centro della gravità della terra, cioè del centro dell'universo, che è concentrico sempre col centro della gravità della terra » (2).

« Quella parte della terra s'è più alienata dal centro del mondo, la quale s'è fatta più lieve; E quella parte della terra s'è fatta più lieve, per la quale è passato maggior concorso d'acque. E si è adunque fatta più lieve quella parte, donde scola più numero di fiumi, come l'Alpi, che dividono la Magnia e la Francia dalla Italia, delle quali escie il Rodano a mezzodì e il Reno a tramontana, il Danubio, overo Danoia, a greco, e 'l Po a levante con innumerabili fiumi che con loro

(1) Ciò pure risulta dalla seguente proposizione, che costituisce il titolo di un libro del grande trattato leonardiano:

“ Libro delli monti, che si spiccheranno e fian la terra sotto il nostro emisferio scoperta dall'acqua ”.

Manoscritto *Br. M.*, fol. 35 verso. — RICHTER, II, § 926.

(2) Manoscritto *L.*, fol. 17 recto.

s'accompagnano, i quali senpre corrono torbidi, dalla terra da loro portata, al mare » (1).

Le anomalie riscontrate nella distribuzione della gravità ci hanno messo in evidenza che si à una maggiore densità della crosta terrestre nelle depressioni occupate dagli oceani: minore in quelle occupate da grandi aree continentali ed infine una densità ancora minore nelle regioni sulle quali si elevano i grandi sistemi di montagne, il che in ultima analisi ci appaleserebbe essere la crosta del globo tanto meno densa quanto più elevata, e viceversa tanto più densa quanto più depressa (2).

Ma esaminando senza alcuna idea preconcepita od amplificatrice, vediamo che Leonardo non vuol alludere a nulla di tutto ciò, ma solo al fatto che le regioni montuose, più esposte che non le altre all'azione degli agenti degradatori, sono continuamente alleggerite per il trasporto di materiali rocciosi operato dalle acque, mentre all'incontro sono rese più pesanti quelle ove tali materiali vengono depositati.

Come pure nessun accenno possiamo ritenere sia fatto nell'alzarsi ed abbassarsi di porzioni di crosta ammesso da Leonardo, con la genesi dei rilievi terrestri per pressione isostatica.

Essendo le masse elevate più leggiere, e le più basse più pesanti, ambedue esercitano una pressione presso a poco eguale sugli strati fluidi o plastici sottostanti, sui quali si mantengono in equilibrio. Ma se questo viene disturbato per un trasporto di massa, di necessità deve essere ristabilito con uno spostamento della crosta. Ora, siccome vengono demoliti i continenti e, d'altra parte, deposti dei sedimenti nel mare lungo le coste, si causa un movimento diretto dalla zona sedimentare aggravata verso il continente, che da sua parte cerca di compensare la diminuzione del peso mediante un

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 recto. — RICHTER, II, § 1063.

(2) Cfr. il bellissimo riassunto di tali studii contenuto nella memoria: G. V. SCHIAPPARELLI, *Sulle anomalie della gravità* [in] *Rivista Geografica Italiana*, Vol. III [pagg. 241-58 e 353-70]. Roma, 1896.

sollevamento. Tale pressione isostatica, secondo Dutton, sarebbe sufficiente a produrre le pieghe, che si osservano nei depositi (1).

Il pensiero di Leonardo invece non si rivolge a tale complicato meccanismo — ben lungi da solo a spiegare interamente la struttura superficiale della terra — ma bensì riguarda solo l'innalzamento successivo delle formazioni sedimentarie in seno ai mari, innalzamento non operato da alcuna forza, ma solo ed esclusivamente dovuto all'aumento successivo di spessore dei sedimenti stessi per la continuata sovrapposizione di nuovi materiali stati abrasati, trasportati ed ivi deposti.

(1) Per l'esposizione di questa dottrina cfr.: L. DE MARCHI, *Trattato di Geografia fisica* [pagg. 95-97]. Milano, s. d. [1900-2]; ottimo sotto tutti i rapporti.





CAPITOLO XIX.

La profezia.

Leonardo da Vinci e la profezia. — L'interrimento del golfo padano e del bacino del Mediterraneo. — La terra resa inabitabile. — Conclusioni.

L EONARDO visse in un'epoca in cui la profezia era, direi quasi, di moda: basterà ricordare la voce possente del Savonarola, tuonante contro la profonda corruzione che avvolgeva ogni cosa.

Alla profezia, che tutti respiravano nell'aria, non potè sottrarsi Leonardo. Io qui non vi voglio al certo parlare di quei brani che sotto il nome di « profezie » sono contenuti nei suoi manoscritti; per parte mia non ritengo i concetti ivi esposti consoni al pensiero vinciano. Leonardo, quantunque di illibati costumi, data l'indole de' suoi studi, non poteva annunciare nè la venuta dell'Anticristo, nè la imminente restaurazione della moralità. Egli non doveva che preoccuparsi, con la base dei concetti scientifici che costituiscono l'immenso suo patrimonio, di un alto problema, quello della fine della vita sul nostro globo.

Egli che informò i suoi studi sulla terra, a concetti nettuno-attualisti, scorge che con il progresso del tempo il bacino del Mediterraneo andrà sempre più interrandosi e che tutti i fiumi che ora vi si immettono, finiranno per gettarsi

nel Nilo, il quale avrà le sue foci allo stretto di Gibilterra, nello stesso modo con cui tutti i fiumi che un tempo tributavano le loro acque nel mare Padano, àno finito per essere affluenti del Po :

« Muovonsi al continuo i liti marittimi inverso il mezzo del mare e lo scaccian dal suo primo sito. Riserverassi la più bassa parte del Mediterraneo per letto e corso del Nilo, fiume massimo, che versa in esso mare. E con lui s'accompagneranno tutti li fiumi, sua aderenti, che prima in esso mare le loro acque versar soleano, come far si vede al Po colli aderenti sua, li quali prima versavan nel mare che infra l'Appennino e le Germaniche Alpi si era unito col Mare Adriatico » (1).

« Come le rive del mare al continuo acquistano terreno inverso il mezzo del mare: Come li scogli e promontori de' mari al continuo ruinano e si consumano: come i mediterranei scopriranno i lor fondi all'aria e sol riserberanno il canale al maggior fiume, che dentro vi metta, il quale correrà all'oceano e ivi verserà le sue acque insieme con quelle di tutti i fiumi, che con seco s'accompagnano » (2).

« Come il fiume del Po in breve tempo secca il mare Adriano nel medesimo modo ch'elli asseccò gran parte di Lombardia » (3).

I pensieri sopra espressi sull'interrimento del golfo padano e sui conseguenti effetti derivativi, rappresentano le conclusioni cui addivenne il Sommo ingegno dopo ricerche accurate e coscienziose, cui servirono di base quei principi stessi che Egli aveva dedotto dallo studio sui fiumi e sugli effetti delle varie forze che cospirano alla trasformazione dei continenti. Ciò dimostra chiaramente la seguente sua annotazione:

« Nel mare Mediterraneo, divisore d'Africa dall'Europa, e dell'Europa dall'Asia, mediante il Nilo e Tanai, che in lui versano le loro acque, si domanda quale impedimento è mag-

(1) Manoscritto *Leic.*, fol. 10 recto. — RICHTER, II, § 1063.

(2) Manoscritto *Leic.*, fol. 20 recto. — RICHTER, II, § 953.

(3) Manoscritto *Leic.*, fol. 27 verso. — RICHTER, II, § 954.

giore a proibire il corso delle sue acque, che non si renda all'oceano.

« Domandane la speranza nelle minute dimostrazioni. Farai adunque la figurazione del mare Mediterraneo che qui in fronte si dimostra, el quale abbia li suoi fiumi proporzionati alla grandezza e figura di tal mare, e darai la scienza mediante la speranza delli corsi dell'acque, quel che per lor si leva delle cose scoperte e coperte dall'acque. E farai versare il Nilo, el Tanai, el Po e così li altri fiumi, di proporzionate grandezze a esso mare, il quale avrà l'uscita per lo stretto di Gibiltar, e 'l fondo di tal mare si è fatto di rena, di piana superficie, e così presto vedrai dove tal moto d'acqua lieva e di dove pone » (1).

Il professor Uzielli (2) à illustrato il pensiero vinciano calcolando il tempo occorso, durante il pliocene, per colmarsi il golfo padano, ed i suoi calcoli lo hanno condotto ad ammettere un numero di anni prossimo al milione, ed a circa diciannove volte tanto quello necessario per poter interamente il Mediterraneo essere colmato dalle torbide de' fiumi che vi affluiscono, e ridotto quindi il suo bacino — conforme al concetto leonardiano — ad una vasta pianura traversata dal Nilo, sfociante nell'Atlantico, oltre lo stretto di Gibilterra.

Tali risultati, come ben nota l'Uzielli, non arieggiano a grande esattezza, ma sono una prima approssimazione di cifre che rappresentano i fatti con tanto maggiore probabilità, quanto più ad esse si giunge per vie diverse. È poi ovvio che a questi calcoli, come a tutti gli altri congeneri, non bisogna dare nè fede esagerata, nè giudicarli come se pretendessero all'esattezza e con preconcetti teologici; danno un'idea delle cose con debole luce, preferibile però sempre all'assoluta oscurità.

(1) Codice Atlantico, fol. 84 verso a.

Questo passo è illustrato da una piccola cartina schematica, la cui riproduzione non è stata possibile per la poca chiarezza del *fac-simile* eliotipico della copia da me consultata.

(2) G. UZIELLI, *Leonardo da Vinci e le Alpi* (1890), pagg. 148-54.

*
* *

Con il progresso di tempo i monti, continuamente minati dall'azione dell'acqua, faranno innalzare il livello de' mari:

« Come li fiumi riempiano il mare e lo caccian dal suo sito.

« Come la spera dell'acqua s'inalza per la riacquistata acqua de' mediterrani mari, scacciata dal terren che li torbidi fiumi dentro vi lasciano » (1).

Ma continuando tale immenso lavoro, i rilievi del suolo finiranno per scomparire totalmente, ed allora la terra verrà ricoperta da uno strato uniforme di acqua, il quale renderà impossibile l'estrinsecazione della vita:

« Perpetui sono li bassi lochi del fondo del mare e il contrario son le cime de' monti: seguita ch'ella terra si farà sperica e tutta coperta dall'acque, e sarà inabitabile » (2).

Ed ancora:

« Ogni grave attende al basso, e le cose alte non resteran in loro altezza, ma col tempo tutte discenderanno, e così col tempo il mondo resterà sperico, e per conseguenza fia tutto coperto dall'acque, e le vene sotterranee resteranno immobili, ecc. » (3).

Ma un'altra ipotesi si affaccia alla mente di Leonardo pensando all'estrema sorte del nostro pianeta: le correnti d'acqua, per l'incisione dei loro letti e per la crescente, smisurata altezza degli argini, finiranno per inabissarsi entro a le viscere della terra: l'aria, allora, privata del vapor acqueo, renderà impossibili le funzioni fisiologiche negli esseri animali e ve-

(1) Codice Atlantico, fol. 74 recto. a.

(2) Manoscritto F., fol. 52 verso.

(3) Manoscritto F., fol. 84 recto.

Questo passo costituisce il capitolo XXV del libro I del trattato: *Del moto e misura dell'acqua* (1826), ove porta il seguente titolo: « Come la terra resterà coperta dall'acqua ».

getali: la terra crescerà continuamente di mole e finirà per passare oltre la sfera dell'aria e toccare quella del fuoco:

« Rimase l'elemento dell'acqua rinchiuso infra li cresciuti argini de' fiumi e si vede il mare infra la cresciuta terra e la circondatrice aria, avendo a fasciare e circoscrivere la moltificata macchina della terra, e la sua grossezza, che stava fra l'acqua e lo elemento del fuoco, rimanga molto ristretta e privata della bisognosa acqua: i fiumi rimarranno senza le loro acque, la fertile terra non manderà più leggeri fronde, non fieno più i campi adorniti dalle ricasanti piante, tutti li animali non trovando da pascere le fresche erbe morranno, e mancherà il cibo ai rapaci lions e lupi e altri animali che vivono di ratto, e agli uomini dopo molti ripari converrà abbandonare la loro vita, e mancherà la gienerazione umana: a questo modo la fertile e fruttuosa terra abbandonata rimarrà arida e sterile e per rinchiuso omore dell'acqua, rinchiusa nel suo ventre, e per la vivace natura osserverà alquanto del suo accrescimento, tanto che, passata la fredda e sottile aria, sia costretta a terminare coll'elemento del fuoco; allora la sua superficie rimarrà in riarsa cienere, e questo sia il termine della terrestre natura » (1).

*
* *

Così, anche relativamente alla possibile sorte del nostro pianeta, Leonardo trascura l'azione delle fosse interne, le quali nascostamente, ma lentamente ed incessantemente operano: e noi possiamo infatti cogliere ad intervalli più o meno lunghi qualche loro visibile manifestazione, mentre la somma degli effetti prodotti nel passato geologico ci è additato dalle contorsioni e dalle fratture degli strati e dal sollevamento orogenetico. Nella economia tellurica le forze endogene ed esogene operano in senso antagonista. Se però non si vogliono

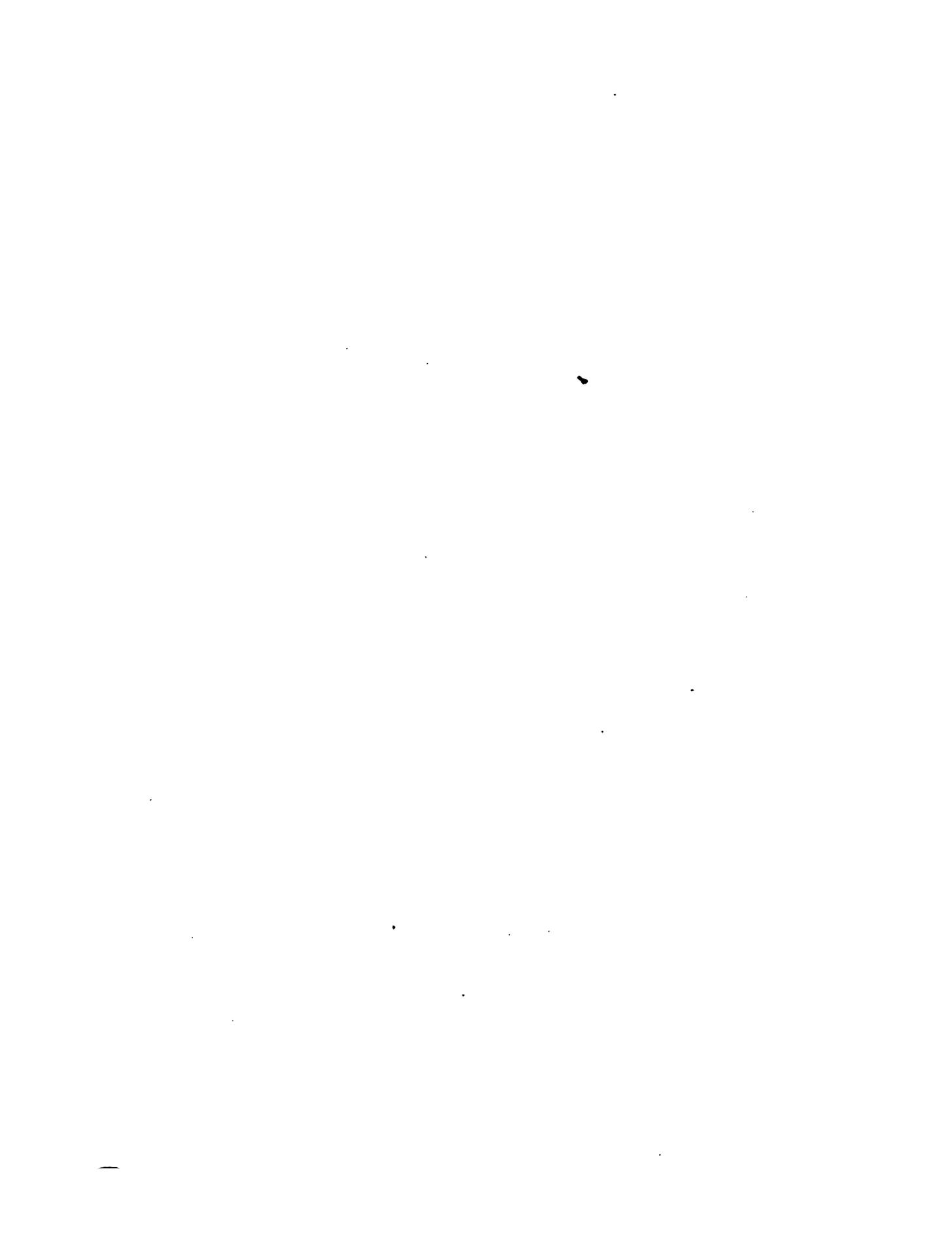
(1) Manoscritto *Br. M.*, fol. 155 verso. — RICHTER II, § 1218.

alle sane deduzioni della scienza, sostituire i voli sfrenati della fantasia, dobbiamo essere persuasi che troppo ardita pretesa sarebbe quella di voler prevedere il risultato finale di tale intimo contrasto.

Quindi, riassumendo quanto ò avuto occasione di dire, dai manoscritti vinciani, risultano messi in luce i seguenti veri:

- a) origine sedimentaria degli strati superficiali;
- b) azione dell'acqua quale massimo agente modificatore della crosta;
- c) variabilità durante il tempo della distribuzione dei mari e delle terre;
- d) sufficienza delle cause attuali per spiegare i fenomeni geologici avvenuti in passato;
- e) impossibilità del diluvio universale;
- f) origine organica dei fossili, e vera loro funzione nello studio della Geologia.







APPENDICE

I.

Gli Elementi.

[Manoscritto F., fol. 27 recto].

** Figura d'elementi.*

* Della figuri delli elementi e prima contro a chi niega l'openione di Platone, che dicano che se essi elementi vestissin l'un l'altro colle figure che mette Platone, che si causerebbe vacuo in fra l'uno e l'altro; il [ch]e non è vero, e qui lo provo, ma prima bisogna proporre alcuna conclusione. Non è neciessario che nessun elemento che veste l'un l'altro sia d'egual grossezza in tutta la sua quantità in fra la parte che veste e quella ch'è vestita. Noi vediamo la spera dell'acqua manifestamente essere di varie grossezze dalla sua superfizie al fondo, e che non che essa vestissi la terra quando fussi di figura cuba, cioè di 8 angoli, come vole Platone, essa veste la terra che à innu[mera]bili angoli di scogli coperti dall'acqua e varie globosità e concavità, e non si genera vacuo in fra l'acqua e la terra; ancora l'aria che veste la spera dell'acqua insieme co' li monti e valli, che superano essa spera, e non rimane vacuo fra la terra e l'aria, sichè chi disse generarsi vacuo, ebbe tristo discorso.



* A Platon si risponde che la superfizie delle figure che avrebbon gli elementi che lui pone non potrebbero stare „



II.

Armonia delle sfere.

a)

[LEONARDO DA VINCI, Manoscritto F., fol. 56 verso].

" Della Confregazione de c[i]eli s'ella fa sono o no.

" Ogni sono si causa da l'aria ripercossa in corpo denso, e s'ella sarà fatta da due corpi gravi in fra loro, ell'è mediante l'aria che li circunda e questa tal confregazione consuma li corpi confregati. Adunque seguiterebbe che li c[i]eli nella lor confregazione per non avere aria in fra loro non generassino sono: e se tal confregazione pure avessi verità, essi in tanti seculi che tali c[i]eli son rivoltati essi sarebbon consumati da tanta immensa velocità fatta in ogni gi]ornata; e se pur facessi sono esso non si po spandere, perchè il son[o] della percussione fatta sotto l'acqua poco si sente e meno o niente si sentirebbe ne' corpi densi. Ancora ne' corpi politi la loro confregazione non fa sono, il che similmente a[c]cadrebbe non farsi sono nel contatto over confregazion de' c[i]eli. E se tali c[i]eli non sono politi nel contatto delle lor confregazioni seguita essere globulosi e ruvidi; adunque i[] lor contatto non è continuo, essendo così si genera il vacuo, il quale è concluso non darsi in natura: adunque è concluso che confregazione arebbe consumato li termini di ciascun c[i]elo, e tanto quanto più esso è più veloce inverso il me[z]zo che inverso i poli, che più si consumerebbe in me[z]zo che da' poli, e poi più non si confregherebbe, e 'l sono cesserebbe e i ballerini si fermerebbono. Salvo se [de'] c[i]eli l'un girassi a oriente e l'altro a settentrione „.

b)

[RISTORO D'AREZZO, *La Composizione del Mondo*, Roma, 1859, pag. 157].

" Di contradicere a coloro che diceano che del movimento del cielo uscia suono.

" E furono alquanti, li quali vedeano muovere lo cielo in diverse parti, diceano che premea e fregava li l'una parte coll'altra, e di quella

frezione uscia suono e canto molto dilettevole, imperciò che 'l cielo era perfetto; e la verità non li aiuta, ma contraddice a loro; imperciò che là ove non è l'aire non può essere canto nè suono; con ciò sia cosa che l'aere sia cagione del suono. E nel cielo non è aire nè amistione d'aire, e là ove non è aire nè amistione d'aire non può essere canto, nè suono. E erano tali che dicevano, che 'l corpo del cielo era molle; e tali dicevano ch'egli era durissimo; e tali dicevano, che tale parte era molle e tale durissima. E lo cielo, per la sua perfezione e per lo meglio, si dee muovere suavissimamente; e la cosa molle, se si frega una parte coll'altra, non fa suono, e spezialmente se si frega una parte coll'altra suavemente; e anche s'egli si frega la cosa dura colla molle soavemente non farà suono; e anche s'egli sarà l'una parte e l'altra durissima, per la sua nobiltà non sarà aspro, anzi sarà forbito e pulitissimo più che cristallo, o più che nulla altra cosa: onde, s'egli si frega e 'mprieme la cosa durissima e pulitissima l'una parte coll'altra, non farà romore, nè suono, e fregherassi l'una parte coll'altra in tale modo, che n'esca suono, è mestieri ch'egli ci sia forza e violenza; e là ov'è la forza e la violenza, quivi di ragione dee essere la corruzione; la quale non può essere nel cielo, imperciò ch'egli è perfetto. E se lo cielo, per lo suo movimento, fregandosi e 'mpremendosi insieme l'una parte coll'altra, facesse suono dilettevole od altro, quello suono, secondo via di ragione, si dovrebbe udire, e 'n altra guisa quello suono sarebbe ozioso (con ciò sia cosa che lo cielo non sia nulla cosa oziosa); e s'egli facesse suono e non fusse udito, potrebbesi biasimare, come lo stornamento, che sonasse e non fusse udito, lo quale suono sarebbe ozioso „.



III.

La scintillazione delle stelle.

a)

[LEONARDO DA VINCI, Manoscritto F., fol. 25 verso].

" *Ordine del provare la terra essere una stella.*

" In prima difinisci l'occhio, poi mostra come il battere d'alcuna stella viene dall'occhio, e perchè il bat[tere] d'esse stelle è più nell'una che nell'altra: e come li razzi delle stelle nascan dall'occhio e di che se il battere delle stelle fussi come pare nelle stelle che tal battimento mostra d'essere di tanta dilatazione quant'è il corpo di tale stella, essendo adunque maggiore della terra che tal moto fatto in istante sarebbe troppo veloce a raddoppiare la grandezza di tale stella. Di poi prova come la superficie dell'aria ne' confini del foco e la superficie del foco nel suo termine è quella nella qual penetrando li razzi solari portan la similitudine di corpi celesti grande nel lor levare e pore [*tramontare*] e piccola essendo esse nel mezzo del cielo. Sia la terra *a*; *n*, *d*, *m*



sia la superficie dell'aria che confina colla sfera del foco; *h*, *f*, *g*, sia il corso della luna o vuoi del sole; dico che quando il sole apparisce all'orizzonte *g*, che l['] è veduto li sua razzi passare per la superficie dell'aria in fra angoli ineguali cioè *o m*, il che non è in *d k*, e ancora passa per maggiore grossezza d'aria; tutto *o*, *m* è aria più spessa „

b)

[RISTORO D'AREZZO, *La Composizione del Mondo* (1859), pag. 148].

" La stella per più perfezione dee avere li suo' raggi fermi, e non scintillare: e s'elle deono avere li loro raggi fermi e non scintillare, noi le vedemo scintillare, dovemo cercare la cagione, perch'egli pare

ch'elle scintillino. E la cagione di questo può essere secondo questa via: che quelle stelle ne sono molto di lunge: onde, aguardando lì lo viso, per la grandissima longitudine viene debilitando: imperciò, quanto la cosa si dilunga più dal suo incominciamento, tanto più viene debilitando; imperciò lo viso, per la grande longitudine, non può comprendere quelli raggi fermi: e per questa cagione per la debilità del viso pare che la stella scintilli; e dovemo credere, che questo difetto sia nell'occhio, e non nella stella. E segno di questo si è, che le stelle che sono più presso, come Saturno, e Jupiter, e Mars, e lo sole, e Mercurio e la luna non ne iscintillano... „.



IV.

**Un passo della Prospettiva
di Giovanni Pecckham
ed una nota Vinciana.**

[*Prospettiva comunis D. JOHANNIS, Archiepiscopi Cantauriensis, fratris ordinis minorum de [..... (1)] ad unguem castigatam per eximium artium et medicinae ac iuris utriusque doctorem ac mathematicum peritissimum D. FACIUM CARDANUM, Mediolanensem in venerabili colegio iuris peritorum Mediolani residentem* [carta A 2 recto] S. l. ed a.].

“ Inter Physicae considerationis studia, lux iocundi afficit meditantes, inter magnalia mathematicarum certitudo demonstrationis extollit praeclearius investigantes. Perspectiva igitur humanis traditionibus recte praefertur, in cuius area linea radiosa demonstrationum nexibus complicatur. In qua tam matematicae quam physicae gloria reperit utriusque floribus adornata. Huius sententias magnis deductas ambagibus in conclusiva compendia coartabo mistis iuxta modum materiae naturalibus et mathematicis demonstrationibus nunc effectus ex causis nunc ex effectibus causas conclusurus additis, etiam in nonnullis conclusionibus quae sibi non habentur ex eisdem tamen eliciuntur. Precor ut de luce tractantem lux omnis deus dignabitur illustrare..... „

[LEONARDO DA VINCI, Codice Atlantico, fol. 203 recto A].

“ Intra li studi delli naturali considerazioni la luce diletta più i contemplanti; in tralle cose grandi delle matematiche la certezza della dimostrazione innalza più preclaramente l'ingegni delli 'nvestiganti; la

(1) La parola che sta in luogo dei puntini è riuscita per me inintelligibile: trovasi pure omissa nella Bibliografia del Sassi (Cfr. J. A. SAXII, *Historia literario-typographica mediolanensis* [in] PHILIPPI ARGELATI, *Bibliotheca scriptorum Mediolanensium*. Tomus I [pag. DCXV], Mediolani, MDCCXLV. In aedibus Palatinis. — Non si conosce la data della stampa di questo libro: sulla copia esistente all'Ambrosiana, trovasi in una annotazione ms. segnato: 1482?.

prospettiva adunque è da esser preposta a tutte le traduzioni e discipline umane, ne 'l campo della quale la linia radiosa complicata dà e modi delle dimostrazioni, in nella quale si truova la gloria non tanto de la matematica quanto della fisica, ornata co' fiori dell'una e dell'altra; le sentenzie della quale, distese con gran circuizioni, io le ristri- gnerò in conclusiva brevità, intessendo, secondo il modo de la materia, naturale e matematiche dimostrazioni, alcuna volta conchiudendo gli effetti per le cagioni, e alcuna volta le cagioni per li effetti, agiugnendo ancora alle mie conclusioni alcuna che non sono in quelle, non di meno di quelle si traggano, come si degnerà il signore luce d'ogni cosa il- lustrare me tratatore della luce, el quale partirò la presente opera in 3 parti „.



V.

La Luna.

a)

[LEONARDO DA VINCI, Manoscritto *Br. M.*, fol. 94 verso.
RICHTER, II, § 896].

* *Della luna.*

* La luna non à lume da sè, se non quanto ne vede il sole tanto l'allumina, della qual luminosità tanto ne vediamo quanto è quella che vede noi. E la sua notte riceve tanto di splendore, quanto è quello che li prestano le nostre acque nel reflecterli il simulacro del sole, che in tutte quelle che vedono il sole e la luna, si specchia. La pelle, ovvero superficie dell'acqua di che si conpone il mare della luna e il mare della nostra terra, è sempre rugoso o poco, o assai, o più, o meno: e tale rugosità è causa di dilatare l'innumerabili simulacri del sole che nei colli e concavità e lati e fronti delle innumerabili rughe si specchiano, cioè in tanti vari siti di ciascuna ruga, quanto son vari li siti che àno li occhi che le vedono, il che accadere non potrebbe, se la sfera dell'acqua, che in gran parte di se veste la luna, fusse d'uniforme sphericità, perchè allora il simulacro del sole sarebbe uno a ciascuno occhio, e la sua riflessione sarebbe particolare e sempre sarebbe splendore sperico, come manifestamente ci assegnano le palle dorate poste nella sommità degli alti edifizj. Ma se tali palle dorate fussino rugose o globulenti, come son le more, frutti neri composti di minute globosità rotonde, allora ciascuna delle parti d'essa globosità, vedute dal sole e dall'occhio, mostrerà a esso occhio il lustro generato dal simulacro d'esso sole, e così in un medesimo corpo, si vedrebbero molti minimi soli, li quali spesse son le volte che per lunga distanza si uniscono e paiono continuati. E 'l lustro della luna nuova è più lucido e più potente che quando è in plenilunio, e questo si causa perchè l'angolo della incidenza è molto più ottuso nella luna nuova che nella vecchia, dove tali angoli sono acutissimi: e l'onde della luna specchiano il sole così nelle lor valli, come nelli colli, e li lati restano oscuri; ma ne' lati della luna li fondi dell'onde non vedono il sole, ma solo vedono le cime d'esse onde, e per questo li simulacri son più rari e più misti

coll'ombre delle valli, e tal mistione delle spezie onbrose e luminose, così insieme infuse, vengono all'occhio con poco splendore, e nelli



stremi saran più oscure per essere la curvità de lati di tale onde insufficiente a riflettere all'occhio li ricevuti razzi. La luna nova per natura riflette li razzi solari più inverso l'occhio per tali onde streme, che per nessun altro loco, come mostra la figura della luna che, percuotendo con razzi *a* nell'onda *b*, riflette in *b* *d*, dov'è situato l'occhio *d*. E questo accadere non può nel plenilunio dove il razzo solare, stando all'occidente, percuote l'onde streme della luna all'oriente dal *n* in *m*, e non riflette inverso l'occhio occidentale, ma risalta all'oriente, poco piegando la retitudine d'esso razzo solare, e così l'angolo della incidenza è grossissimo.



“ La luna è corpo opaco e solido e se per lo avversario ella fusse trasparente, ella non ricieverebbe il lume del sole „.

b)

[LEONARDO DA VINCI, Manoscritto *Leic.*, fol. 2 recto.
RICHTER, II, § 902].

“ *Della luna.*

“ Nessun denso è più lieve che l'aria.

“ Avendo noi provato come la parte della luna che risplende è acqua, che specchia il corpo del sole, la quale ci riflette lo splendore da lui ricevuto; e come, se tale acqua fusse senza onde, ch'ella piccola si dimostrerebbe, ma di splendore quasi simile al sole, al presente bisogna provare, se essa luna è corpo grave o lieve, imperochè se fusse grave — confessando che dalla terra in sù, in ogni grado d'altezza s'acquista gradi di levità, conciosiachè l'acqua è più lieve che la terra, e l'aria che l'acqua, e 'l foco che l'aria, e così seguitando successivamente — e' parrebbe che, se la luna avesse densità com'ella à, ch'ella avesse gravità, e avendo gravità che lo spazio, ove essa si trova, non la potesse sostenere, e per conseguenza avesse a discendere inverso il centro dell'universo, e congiungersi colla terra, e se non lei, al manco le sue acque avessino a cadere e spogliarla di se e cadere inverso il centro e lasciar di se la luna spogliata e senza lustro; onde non se-

guitando quel che di lei la ragione ci promette, egli è manifesto segno, che tal luna è vestita de' suoi elementi, cioè acqua, aria e foco, e così in se, per se si sostenga in quello spazio, come fa la nostra terra coi suoi elementi in quest'altro spazio, e che tale ofizio facciano le cose gravi ne' suoi elementi, qual fanno l'altre cose gravi nelli elementi nostri. Quando l'occhio in oriente vede la luna in occidente, vicina al tramontato sole, esso la vede colla sua parte onbrosa circondata da parte luminosa, del quale lume la parte laterale e superiore deriva dal sole, e la parte inferiore deriva dallo oceano occidentale, il quale ancora lui riceve li raggi solari e li riflette nelli inferiori mari della luna, e ancora per tutta la parte onbrosa della luna, dà tanto di splendore, qual'è quel che dà la luna alla terra nella mezzanotte, e perciò non resta integralmente scura: e di qui à alcuno creduto, che la luna abbia in parte lume da se oltre a quel che gli è dato dal sole, il quale lume deriva dalla antedetta causa delli nostri mari alluminati dal sole.

“ Ancora si potrebbe dire che 'l cerchio dello splendore che fa la luna, quand'el'è col sole in occidente, dirivasse dal sole integralmente, quando essa col sole e coll'occhio è situata nel modo che qui disopra si dimostra.

“ Alcuni potrebbero dire che l'aria, elemento della luna, pigliando il lume dal sole, come fa la nostra sfera dell'aria, fusse quella che finisce il cerchio luminoso al corpo della luna.

“ Alcuni àn creduto che la luna abbia alquanto di lume da se, la quale opinione è falsa, perchè l'anno fondata sopra quel chiarore che si vede in mezzo alli corni quando la luna è nova, la quale alli confini dello splendore pare oscura, e al confine della oscurità del campo pare sì chiara, che molti credono essere un cerchio di novo splendore, che finisca di circondare, dove le punte de' corni alluminati dal sole terminano il loro splendore; e questa varietà di campo nasce perchè quella parte d'esso campo, che termina colla parte luminosa della luna, per tal paragone di splendore si dimostra più oscura che non è, e quella parte di sopra, dove pare un pezzo di cerchio luminoso d'uniforme larghezza, nasce che quivi la luna, essendo più chiara che il mezzo over il campo, ove essa si trova, pel paragon di tale oscurità si dimostra in tale confine più luminosa che non è: la qual luminosità in tal tempo nasce dal nostro oceano colli altri mediterranei che in quel tempo è alluminato dal sole che già è tramontato, in modo che il mare allora fa tale ofizio alla parte oscura della luna, qual fa la luna in quinta decima a noi, quando il sol' è tramontato, e tal proporzione è da quel poco lume che à la parte oscura della luna alla chiarezza della parte alluminata, qual'è dalla.....

“ Se vuoi vedere quanto la parte onbrosa della luna sia più chiara che 'l campo, ove tal luna si trova, occupa colla mano, o con altro obietto più distante all'occhio, la parte luminosa della luna „.

c)

[LEONARDO DA VINCI, Manoscritto *F.*, fol. 84 recto].

“ Macule della luna.

“ Alcuni disse[ro] levarsi da essa a modo di nugoli e interpersi in fra la luna e li occhi nostri, il che se così fussi mai tal macule sarebbon stabili nè di sito, nè di figura; e vedendo la luna in diversi aspetti, ancor che tal macule non fu[s]si[n] variate, esse muterebbon figura, come fa quella cosa che si vede per più versi „.

d)

[LEONARDO DA VINCI, Manoscritto *F.*, fol. 84 verso].

“ Delle macchie della luna.

“ Altri disson che la luna era composta di parti più e men trasparenti, come se una parte fussi a modo d'alabastro e alcuna altra a modo di cristallo o vetro, che ne seguirebbe che 'l sole, ferendo coi suoi raggi nella parte men trasparente, il lume rimarebbe in superficie e così la parte più densa resterebbe alluminata, e la parte trasparente mostrerebbe le ombre delle profondità sue oscure e così si compone la qualità della luna. E questa opinione, è piaciuta a molti filosofi e massime [ad] Aristotele: e pure ella è falsa opinione, perchè ne' diversi aspetti che si trattano spesso la luna e sole alli nostri occhi, noi vederen variare tal macule, e quando si farebbono oscure e quando chiare, scure si farebbono quando il sole è in occidente e la luna nel mezzo del celo, chè allora le concavità trasparenti piglierebbono l'ombre insino alle sommità de labbri di tal concavità trasparenti, perchè il sole non potrebbe penetrare li suoi raggi dentro alle bocche di tali concavità, le quali parebbono chiare nel plenilunio, dove la luna in oriente guarda il sole all'occidente, allora il sole illuminerebbe insino ne fondi di tali trasparenze e così non generandosi ombre, la luna ci mostrerebbe in tal tempo le predette macchie, e così ora più ora meno, secondo le mutazion del sole dalla luna e della luna dali occhi nostri, come di sopra dissi „.

e)

[LEONARDO DA VINCI, Manoscritto *F.*, fol. 85 recto].

“ Delle macule della luna.

“ E si [è] detto che le macule della luna son create in essa luna; da essere in se di varia raretà e densità, il che se così fussi, nell'eclissi

della luna i razzi solari penetrebbono per alcuna parte della predetta raretà: il c[h]e, non si vedendo tale effetto, detta openione è falsa. Altri dicono che la superficie della luna essendo tersa e pulita, che essa, a similitudine di specchio, riceve in se la similitudine della terra. Questa openione è falsa, conciosiachè la terra scoperta dall'acqua per diversi aspetti à diverse figure; adunque quando la luna è all'oriente, ella specchierebbe altre machie che quando essa ci è di sopra, o quando essa è in occidente; le machie della luna, come si vede nel plenilunio, mai si variano nel moto da lei fatto nel nostro emisperio; 2^a ragione è che la cosa specchiata nella convessità piglia piccola parte di esso specchio, com'è provato in prospettiva; 3^a ragione è che nel plenilunio la luna vede solo il mezzo della sfera della terra alluminata, nella quale l'occeano colle altre acque risplendano, e la terra fa macule in esso splendore, e così si vedrebbe la metà della nostra terra cinta dallo splendore del mare alluminato dal sole, e nella luna tal similitudine sarebbe minima parte d'essa luna; 4^a è che la cosa splendida non si spechia nell'altra splendida; adunque il mare, pigliando splendore dal sole, sicome fa la luna, e' non si potrebbe in lei spechiare tal terra, che ancora specchiar non vi si vedesse particolarmente il corpo del sole e di ciascuna stella a lei opposita „.



VI.

Il centro del globo terracqueo.

a)

[LEONARDO DA VINCI, Codice Atlantico, fol. 153 verso a].

" [...] spera dell'acqua non è un medesimo, perchè il centro comune non si muta di sito non si movendo la spera del foco; ma il centro della terra e quel dell'acqua son sempre in continua mutazione intorno a esso centro comune.

" Ancora il centro dell'aria non è un medesimo, perchè quella parte dell'aria che confina colla terra riceve in se tante concavità, quanti sono i gobbi che fa la terra che si scopre fori della spera dell'acqua, e quella parte dell'aria, che confina e si unisce colla spera del foco, osserva più perfetta sphericità che dove confina colla terra; ancora essa superiore sphericità dell'aria essendo perpendicolare al corso del sole, perchè essa aria tiene d'umido, e 'l caldo del sole aggiunto all'elemento del foco tira più alta l'aria mista coll'umido sotto di se e la leva sì come montagna, onde l'aria non à i nessuna stremità equidistante centro. Ma la superiore parte della spera del foco à unico centro equidistante a ogni parte di se, perchè in tal sito non è materia umida, perchè a tal sito non si potrebbe sostenere, e non potrebbe per tanta grossezza d'elemento passare che 'l foco non la resolvessi in se, onde non ricevendo mutazione, essa superiore parte si risiede stabile e ferma, osservando per ogni linia retta equidistante spazio infra se e 'l suo centro. Questo è quel centro il quale sta i mezzo a tutti i centri de' 3 altri elementi, il quale nomineremo centro universale, e li altri centri che li sono intorno diren centri abusivi che, sendo l'acqua appiccata colla terra, essa impedisce il sito vero al centro d'essa terra.

" [in margine] Ancora la spera dell'acqua non essendo d'equal grossezza nè ancora d'equal retondità, perchè ancora che essa d'intorno al suo centro fussi d'equal peso essa non sarebbe d'equal distanza, perchè la parte della spera meridionale è più calda, onde è più leggieri e più distante del suo centro che la parte settantrionale, ch'è più densa e grave.

“ Il centro comune e 'l centro delle terra non sono un medesimo, anzi sono molto dissimili e vari di natura, perchè il centro comune non si move non si mutando il sito dell'aria e del foco, e 'l centro della terra è instabile e in continua mutazione, perchè tante volte si muta quanto i venti portano l'acque de' mari occupando o scoprendo per l'ondazione loro diversi liti. Onde, togliendo il peso da una parte della terra e portandolo dall'altra, dove manca tal peso, il centro si fa più remoto e, ricrescendo, il centro s'appropinqua, e così tante mutazioni, quanto fa il peso dell'acque sopra i lor fondi, tante mutazioni fa il centro della terra intorno al centro commune. E se possibili fussi rimuovere essa terra del suo sito e tirarla in disparte, i modo tale che 'l centro comune remanessi assai fori della terra, e che si lasciassi cadere una pietra in mezzo di quell'aria, che s'interpone infra 'l centro comune e 'l centro della terra, certo esso sasso senza dubbi al centro commune discenderebbe per la via più breve.

“ Il centro dell'universo non è centro di nessuno elemento, perchè la continua revoluzione e vari accidenti, che nascono da continui influssi celesti, tengano essi elementi in continua mutazione di sito; imperocchè la terra, in gran parte vestita dalla sfera dell'acqua, fa un medesimo corpo con essa acqua, e come balla sta sospesa infra l'aria e 'l centro della sfera dell'acqua non è centro della [...] vita, e 'l centro della sua gravità non è centro della gravità della terra, anzi è assai remoto; onde la superficie della sfera dell'acqua non è equalmente distante al suo centro nè al..... „.

b)

[LEONARDO DA VINCI, Codice Atlantico, fol. 153 verso b].

“ Il centro comune non è necessario che stia più in terra che in acqua o nell'aria, perchè tal centro non è suo, anzi è dell'aria e del fuoco, perchè suo fussi mai, muterebbe loco in essa terra, come spesso necessità lo muta, anzi, sempre mutandosi la terra, porterebbe tal centro con seco, nel modo che essa porta quello della sua propria gravità; ma esso centro in mezzo de' detti elementi solo senza loco si risiede; se possibile fussi fare della terra in minute parti, e quelle in diverse parte accostare all'elemento del fuoco a uso delle stelle nel cielo [...] „.



VII.

Sugli « Odometri », e « Solcometri »,

I.

GLI ODOMETRI

a) Odometro di Erone « il Meccanico »,

[ERONE IL MECCANICO, *Del traguardo*, tradotto dal greco ed illustrato con note [in] *Commentarij sopra la storia e le teorie dell'ottica* del cavaliere GIAMBATISTA VENTURI. Tomo I [pagg. 134-38]. Bologna 1814. Pe' Fratelli Maso e C.].

“ Facciasi una commettitura a mo' di cassetta quadra, nella quale tutta dovrà contenersi la macchina seguente. Dentro della cassetta (*ho supplito qui una riga, o forse più, che manca nel testo*) rasente il fondo e parallela ad esso adattasi una rotella di rame, che porta affissi nell'orlo otto bastoncelli. Nel fondo medesimo della cassetta apresi una fenditura, per la quale un punteruolo, piantato sul mozzo d'una delle Rote del Cocchio, ad ogni rivolgimento entrando nella fenditura spinge innanzi uno dei bastoncelli che è rasente la fenditura stessa; di modochè il bastoncello susseguente viene a prendere il posto del precedente; e così in infinito. Laonde avverrà, che quando la Rota del Cocchio avrà dato otto rivoluzioni, quella dei bastoncelli ne avrà fatto una. Sul centro della rota dei bastoncelli si affigge piantata in isquadro una vite, la quale à l'altro suo estremo in un traversante fermato alle pareti della cassetta. A questa vite si applica di contro una rota dentata, i denti della quale combinano coi vermi della vite, essa rota è perpendicolare al fondo, ed à similmente impiantato un asse, le estremità di cui si terminano nelle pareti della cassetta; una parte del medesimo asse porta spire in esso incise, di maniera che esso pure è una vite. E di nuovo a tal vite si applica una rotella dentata parallela al fondo della cassetta; questa pure à impiantato un asse, del quale una estremità gira sul fondo della cassetta e l'altra in un traversante commesso

colle pareti della cassetta. Quest'ultimo asse à pure una vite che combina coi denti d'un'altra rota in situazione perpendicolare al Fondo. E ciò si faccia finchè a noi piace, o finchè vi è luogo nella cassetta; perchè quante più saranno le rote e le viti, tanto più lunga via si potrà misurare. Imperciocchè ciascuna vite girando una volta move un dente della rotella che le è applicata; di modo che la vite attaccata alla rotella de' bastoncelli girando una volta indica otto Rivoluzioni della Rota del Cocchio, e move frattanto un dente solo della rota applicatale contro. Se dunque accada, che la rota applicatale contro abbia 30 denti, questa mossa in giro una volta intera dalla vite, indicherà 240 rivolgimenti della Rota del Cocchio. E di nuovo movendosi in giro la suddetta rotella dentata una volta, volgerassi pure una volta intorno la vite impiantata in essa, e della rotella che le è applicata un solo dente si moverà. Quindi se anche quest'ultima rotella abbia 30 denti (e potrà forse averne più) girando essa una volta indicherà 7200 rivoluzioni della Rota del Cocchio. La quale se abbia dieci cubiti di circonferenza, saranno 72 m. cubiti, ossia 180 Stadj. Ciò è detto della seconda rotella dentata; se ve ne sono più, e se sia aumentato il numero dei denti, tanto maggiore sarà la lunghezza del viaggio che si potrà misurare.

" Ma conviene servirsi d'una costruzione tale, che l'istromento valga ad indicare una strada non molto maggiore di quella che si può compiere in un sol giorno col cocchio; perchè ogni dì si può, misurato il viaggio della giornata, rimetter da capo per la Strada susseguente.

" Ma poichè ciascun giro di vite non move sempre con esattezza e misura i denti nei quali imbocca; noi in prova gireremo la prima vite, finchè la rota in faccia ad essa abbia compiuto un giro; e conteremo le quante volte si è girata intorno la vite, e sia per caso 20 volte, mentre la rota in faccia à dato un solo rivolgimento. Ma questa aveva 30 denti; dunque 20 giri della rota dei bastoncelli corrispondono a 30 denti della rota dentata aggiacente alla sua vite. Ora i 20 giri movono 160 bastoncelli, ed altrettanti sono i rivolgimenti della Rota del cocchio, che fanno cubiti 1600; e però un dente della sopracitata rota dentata segna cubiti $53\frac{1}{3}$. Così, quando cominciato da capo il movimento, la rota dentata si trovi essersi mossa per 15 denti, indicherà 800 cubiti, ossia due Stadj.

" Noi scriveremo sull'anzidetta rota dentata Cub. $53\frac{1}{3}$. E facendo nella stessa guisa il calcolo per le altre rote dentate, scriveremo su ciascuno i suoi numeri; in modo che in ciascuna d'esse essendo avanzati un certo numero di denti, sappiasi il Viaggio che abbiám fatto. Affinchè poi, quando vogliam sapere il viaggio fatto, non ci occorra di aprir la cassetta, per visitare i denti di ciascuna rota; dimostrerò, come col girare d'alcuni Indici sulle faccie della cassetta si possa trovare la lunghezza del viaggio. Le suddette rote dentate sieno disposte

in maniera di non toccare i lati della cassetta; ma i loro assi sporgano fuori delle pareti, e gli sporti sieno riquadrati per ricevere Indici traforati essi pure in quadro. Sicchè girando la rota col suo asse, girerà l'Indice ancora; e la sua punta descriverà sulla faccia esteriore della stessa parete un cerchio, il quale divideremo in un numero di parti eguale al numero dei denti della rotella interiore. L'Indice sia così lungo, che la circonferenza da esso descritta contenga una divisione di parti più distanti fra loro che non lo sono i denti. E questo cerchio porti la stessa iscrizione che è sulla rota interiore. Per tale maniera, sulla faccia esteriore della cassetta esamineremo la lunghezza della percorsa via. Che se le rote toccassero per necessità le pareti della cassetta, sia perchè s'imbarazzano insieme, sia per cagione delle viti a loro aggiacenti, sia per altro motivo; a ciascuna d'esse toglierem tanto che nessuno impedimento vi resti. E perchè delle rote dentate altre sono parallele al fondo, altre a squadra su d'esso; i cerchi eziandio descritti dagli Indici, altri saranno sulle pareti laterali della cassetta, ed altri sul coperchio della medesima. Laonde sarà duopo fare che una delle pareti laterali, quella che non ha i cerchi, serva da coperchio, in guisa che il coperchio sia una parete „

b) Odometro di Vitruvio.

[L'*Architettura* di VITRUVIO tradotta in Italiano da QUIRINO VIVIANI, illustrata, ecc. Libro X, cap. XIV [pagg. 59-62]. Udine, 1830-32. Pei Fratelli Mattiuzzi].

Regola per misurare il viaggio fatto in cocchio od in nave.

* § 32. Si trasferisca ora il pensiero ad una invenzione non inutile a scriversi, ma con grande maestria dai maggiori proposta, per cui sedendo in cocchio per via, o navigando in mare possiamo sapere quante miglia di viaggio abbiam fatto. Si faccia adunque così: Le ruote che saranno nel cocchio sieno larghe per diametro di quattro piedi, affinchè ove la ruota abbia in se un segno determinato, e nel suolo della strada da quello cominci avanzandosi a fare il giro, giungendo al detto segno abbia compita la giusta misura di dodici piedi e mezzo di spazio. Dopo questa preparazione, nella parte interna del mogguolo della rota s'inchioda stabilmente un timpano, che abbia un dentello sporgente al di fuori della fronte della sua ritondezza. Al di sopra poi, nella cassa del cocchio siavi un cassetto fortemente attaccato, con entro un timpano versatile collocato in coltello, e serrato in un picciolo asse. Nella fronte di questo timpano si facciano quattrocento dentelli egualmente distribuiti, corrispondenti al dentello del tim-

pano inferiore. Poscia allato del timpano superiore si attacchi un nuovo dentello prominente dagli altri. Sopra poi siavi un altro timpano in piano, alla stessa maniera dentato, e chiuso in un altro cassetto co' denti che corrispondano al dentello fisso allato del secondo timpano: in questo timpano si facciano tanti fori, quanto può riuscire il numero delle miglia del viaggio giornaliero che suol fare il cocchio: più o meno, ciò non impedisce l'effetto. In tutti questi fori si pongano de calcoli tondi e nella teca (ossia cassetto) del timpano facciasi un foro avente un canaletto per dove i calcoli che furono posti in quel timpano, giunti che sieno a quel luogo, possano ad uno ad uno cadere nella cassa del cocchio entro un vaso di rame, che ivi sarà sottoposto. Così quando la ruota avanzandosi trarrà seco il timpano inferiore, e il dentello di questo nei singoli giri col suo impulso costringerà a passare innanzi i dentelli del timpano superiore, farà sì che mentre l'inferiore girerà quattrocento volte, il superiore ne girerà una sola: e il dentello che sta fisso al suo piano, avrà spinto innanzi un solo dentello del timpano piano. Quando adunque in quattrocento giri del timpano inferiore, il superiore ne farà uno solo, il progresso sarà di mille passi e perciò sonando nel cadere i calcoli, avviseranno del termine di ogni miglio. Il numero poi di calcoli raccolto nel fondo indicherà il numero delle miglia nel viaggio di un giorno „.

c) Odometro di Leon Battista Alberti.

[L. B. ALBERTI, *De' ludi matematici* [in] *Opere volgari*, ecc. (1847). Vol. IV, pag. 436].

„ Invenzione molto semplice e bella d'un compasso itinerario per misurare le distanze di terra.

„ Per misurare... quanto sia da Ferrara fino a Milano farete così:... Abbiate un carro (quanto le ruote sono maggiori d'ambito meglio sia).



In sul mozzo grosso delle ruote in quale stanno fitti e' razzi, e nel quale entro pertusato passa quello che e' Latini chiamano *axis*, cavate una fossetta non maggiore nè più profonda se non quanto riceva una sol pallottola; e fate una cassa col suo buco sopra il vostro mozzo in modo che nessuna pallottola eschi se non quando volgendosi la ruota una sola ne entri nella sua fossetta; empiete questa cassetta di pallottole e sotto fatevi un buchetto dove quando volgendosi la ruota lassi la pallottola

ricevuta, nel buco sotto sia raccolta, o sacco, o che sia. Credo per

vostro ingegno intenderete come per le pallottole vi saranno note le volte della ruota, e a voi sia noto quanto volge la ruota. Conterete adunque tante pallottole tante ruote; e tante volte, tante braccia... „

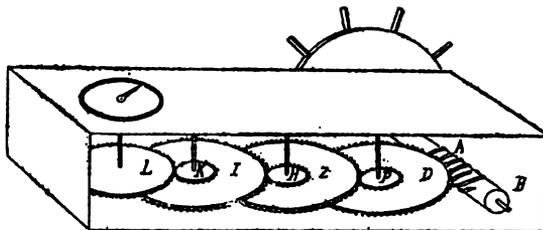
II.

I SOLCOMETRI

a) Solcometro di Erone “ il Meccanico „

[ERONE, *Del traguardo*, ecc. [in] VENTURI G. B., *Commentarij*, ecc. (1814). Tom. I, pagg. 138-39].

“ Sia una vite AB volgentesi in alcune boccucce..... sia connessa una rota di 4 denti. A questa sia parallela una Z di 100 denti, e connessa a questa una H di 18 denti. Dirimpetto vi sia una I di 72 denti;



e similmente connessa a questa una K di denti 18. E rimpetto similmente una L di 30 denti; dalla quale esca un Indice per mostrare la quantità degli stadj.

“ Si costruisca una Rota alata M avente il contorno delle ale di..... la quale Rota alata si move col suo asse in tempo eguale a quel della nave. Pongasi, che ad un rivolgimento della rota M si mova un dente di D . È chiaro adunque, che camminando la nave cento mila, la rota L farà una rivoluzione. Cosicchè se un cerchio descritto intorno al centro della L si divida in mille parti; un Indice attaccato ad L , girando sul prelodato cerchio, segnerà a ciascuna divisione il progresso del movimento „

Alla traduzione del frammento d'Erone il Venturi fa seguire la seguente annotazione: “ Noi possiamo supplire bastantemente le mancanze del frammento, se diciamo: che la vite AB è incavata sull'asse

della rota *M*: e che con una sua rivoluzione move un dente solo della rota *D* di quaranta denti, che la rota *D* porta al suo centro affissa la rota *E* di quattro denti. A questa sia parallela ϵ . Allora supponendo che la rota *M* in uno de' suoi rivolgimenti corra colla nave per 15 cubiti di viaggio; essa ne farà 100 m., mentre la rota *L* compie una rivoluzione, come vuole il manoscritto. Su questi dati ho combinata la figura „.

b) Solcometro di Vitruvio.

[VITRUVIO, *L'Architettura*, ecc. (1830-32), pagg. 62-64].

[Vitruvio dopo aver descritto l'odometro, accenna nel modo seguente alla trasformazione di tale apparecchio in un solcometro:]

“ Parimenti nelle navigazioni, con pochi mutamenti, si usa la stessa regola. Perchè si fa trapassare pei lati delle pareti un asse, avente le teste prominenti fuor della nave, nelle quali s'inchiodono le ruote del diametro di quattro piedi, che hanno intorno alle fronte affisse le pinne toccanti l'acqua. Nel mezzo della nave sta un asse, che ha il timpano con dentello sporgente dalla sua rotondezza. A quel luogo si colloca un cassetto che abbia in se rinserrato un timpano di quattrocento denti eguali, corrispondenti al dentello del timpano incluso nell'asse; e questo pure abbia affisso nel fianco un altro dente che sporga dalla circonferenza. Al di sopra dell'altro cassetto con quello confitto siavi rinchiuso un timpano in piano similmente dentato, ne' denti del quale concorra il dentello affisso al lato del timpano in coltello, sicchè urtando ne' denti del timpano in piano, ad ogni rivoluzione spingendo in giro ciaschedun dente, faccia girare il predetto timpano. Nel medesimo timpano in piano si fanno fori, ne' quali siano posti calcoli tondi: nella teca di questo timpano (cioè nel cassetto) si scavi un foro, avente un canaletto, per dove il calcolo liberato dall'impedimento, cadendo in un vase di rame, significhi un suono. Così quando la nave avrà avuto l'impulso o dai remi, o dal soffio del vento, le pinne delle ruote toccando l'acqua contraria, retrospinte con grande veemenza faranno girare le ruote. Queste poi convolvendosi, seco trarranno l'asse, e l'asse il timpano, il dente del quale girando, ad ogni giro spingendo ciaschedun dente del secondo timpano, formerà regulate circolazioni. Onde quando le pinne avranno fatto fare quattrocento giri alle ruote, il timpano piano avrà girato una volta sola per impulso del dente affisso al lato di quel timpano che sta in coltello. Adunque ogni volta che la circolazione del timpano in piano porterà i calcoli al buco mandandoli fuori pel canaletto, indicherà per tal modo col suono e col numero le miglia della navigazione „.

c) Solcometro di Leon Battista Alberti.

[ALBERTI L. B., *De' ludi Matematici* [in] *Opere volgari*. Vol. IV, (1847), pagg. 437-38].

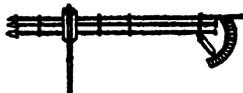
“ *Altro compasso itinerario per le distanze di mare* „.

[L'Alberti, dopo aver descritto il compasso itinerario, aggiunge che:]

“ Questo medesimo modo si può adoperare a conoscere la via per mare, facendo la ruota che in scambio di raggi siano pale simile a quello del mulino, e appenderle allato della nave. Del resto farvi il simile che io dissi sopra, una fossicella nel fuso quale entrassi nella nave.

“ Ma voglio dirvi certo modo a sapere quanto la vostra fusta vada per ora a qualunque vento la muova: fate così.

“ A conoscere quanto navighi una vela ponete il vostro pennello, fatto non di piume ma di legno, fitto in la sua astola, e abbiate un'assicella sottile quanto un cuoio, lunga un piè, larga quattro dita appiccata con dua gangheretti giù basso alla coda del pennello ultima, in modo ch'ella si muova non qua et qua verso, ma a destra e sinistra quel fa il suo pennello, e come fanno li usci, ma su e giù come fanno le casse quando l'aprite e serrate: e sievi una parte d'un arco qual penda in giù, attaccato in modo che quando questa assicella starà più alta o più bassa voi possiate ivi nel detto arco tutto segnare. E per più chiarezza vostra eccovi qui a piè la similitudine dipinta di quest'asse, pennello ed arco.



“ Questo non bisogna persuadervi che quando non trarranno venti questa assicella penderà giù a dirittura; — e quando sarà poco vento questo poco s'alzerà; — e quando sarà forte ella starà sullevata assai. — Convienvi avere dunque notato e ben considerato altrove a' luoghi noti a voi quanto la vostra fusta corre per ora, e per quanto vento l'assicella s'alzi a questo o a quest'altro segno, con quante vele, et tanto alte come dritte, con quanto carico e quanti remi, e quanto di timone in acqua e simile; e questi segni e notazioni ponetele che vi sieno bene certissime e presenti. Adunque navigando porrete mente la vostra fusta quante ore la corse per il vento del tal segno coll'altre circostanzie a voi note, e così arete certa notizia del vostro viaggio e non converrà arbitrare per altre conietture le miglia com'oggi fanno e' marinai „.

..

Relativamente al solcometro è necessario accennare una dibattutissima questione.

Il Pigafetta nella relazione (Ms. Ambrosiano L., 103 sup.) del grandioso viaggio del Magellano (1519-22) scrive che: "ogni iorno facevamo cinquanta, sesanta et setanta legue a la catena ho a poppa „.

Ora l'Amoretti nella sua edizione della relazione suddetta à alquanto alterato il testo, riducendo così: "secondo la misura che facevamo del viaggio colla catena a poppa, noi percorravamo da sessanta a settanta leghe al giorno „.

Queste parole àno fatto nascere la convinzione in parecchi, fra i quali nell'Humboldt, che il Pigafetta accenni al solcometro.

Il Breusing a sua volta crede che invece di tale apparecchio, il viaggiatore vicentino alluda ad uno speciale istrumento atto alla misura della deriva, opinione or non à guari pure sostenuta dal Gelcich.

L'Uzielli invece è proclive ad escludere ambedue le riportate opinioni: premesso che il nodo della questione sta nel sapere se l'*ho* che precede le parole *a poppa* debba intendersi quale verbo, oppure siccome particella disgiuntiva, e che la catena accompagnata da vari epiteti à vari significati nella nautica medievale (attualmente così si chiama specialmente una trave situata perpendicolarmente all'asse del bastimento nel punto verso prua, ove esso comincia a restringersi, cioè nel punto tale che da essa fino alla poppa la direzione del cammino apparente è parallela all'asse longitudinale della nave), aggiunge che, interpretando l'*ho* per *ovvero*, si può credere che il Pigafetta abbia voluto intendere che stando alla catena di prua od a poppa, e valutando a vista la velocità della nave, essa faceva 50-70 leghe, ecc.; invece prendendo l'*ho* per verbo, si può supporre che il Pigafetta chiamasse catena una trave traversa di poppa; ovvero che il disgiuntivo *o* sia adoperato invece dell'*e*, e che quindi, egli, dividendo la distanza fra la poppa e la catena di prua per il tempo che un punto fisso del mare impiega a passare dall'altezza della catena di prua, all'altezza della poppa, ne deducesse la velocità della nave.

Infine, secondo il De Albertis, la citata frase non permette di ritenere che la catena mentovata dal Pigafetta sia uno strumento destinato ad un uso qualunque determinato. E invero, il senso che a suo modo di vedere dovrebbe darsi a questo passo si è che le settanta leghe percorse ogni giorno furono tutte *filate in poppa o in rotta*, come in termini di bordo direbbe un marinaio d'oggi, ossia furono tutte percorse senza interruzioni, nè deviazioni dalla rotta che dovevano seguire, ma furono però leghe di percorso concatenate fra loro, *fatte*

alla catena o in poppa, come dice il manoscritto. Egli ritiene che non può esservi dubbio che quell'*ho* del ms. vada inteso per particella disgiuntiva.

Relazione di Antonio Pigafetta sul primo viaggio intorno al globo colle regole dell'arte del navigare per ANDREA DA MOSTO [in] *Raccolta di documenti e studi* pubbl. dalla R. Comm. Colombiana, Parte V, vol. III [estr. pagg. 65-66]. Roma, 1894.

Primo viaggio intorno al globo terraqueo, ossia ragguaglio della navigazione, ecc., or pubblicato per la prima volta da CARLO AMORETTI [pagg. 45-46]. Milano, 1800, G. Galeazzi.

HUMBOLDT A., *Cosmos*, Parte II [pagg. 413-14]. Milan, chez Ch. Turati, 1849.

BREUSING, *Die Catena a poppa bei Pigafetta und die Logge* [in] *Zeitschrift der Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin*, 1869, IV, pagine 107-115.

UZIELLI G., *Mappamondi, Carte Nautiche e Portolani del Medioevo e dei secoli delle grandi scoperte marittime*, ecc. [in] *Studj Bibliografici e Biografici sulla Storia della Geografia in Italia*, ecc. [pagg. 294-96]. Roma, 1875, tipografia Elzeviriana.

D'ALBERTIS E. A., *Le costruzioni navali e l'arte della navigazione al tempo di Cristoforo Colombo* [in] *Raccolta di doc.*, ecc. pubbl. dalla R. Comm. Colombiana, Parte IV, vol. I [pag. 75]. Roma, 1893.



VIII.
Pensieri di Leonardo da Vinci
sul problema
della interna circolazione delle acque.

a)

[Manoscritto *Br. M.*, fol. 256 verso. — RICHTER, II, § 965].

“ L’acqua è proprio quella che per vitale umore di questa arida terra è dedicata, e quella causa che la move per le sue ramificate vene, contro al natural corso delle cose gravi, è proprio quella che move li umori in tutte le spezie de’ corpi animati. Ma quella, con somma ammirazion de’ suoi contemplanti, dall’infima profondità del mare all’altissime sommità dei monti si leva, e, per le rotte vene versando, al basso mare ritorna, e di novo con celerità sormonta, e all’antidetto desceso ritorna, così dalle parti intrinseche all’esteriori, così dalle infime alle superiori, voltando quando con naturale corso ruina, così insieme congiunta con continua rivoluzione per li terrestri meati si va raggirando „.

b)

[Manoscritto *Leic.*, fol. 21 verso. — RICHTER, II, § 849 e 963].

“ Raggirasi l’acqua con continuo moto dall’infime profondità de’ mari alle altissime sommità de’ monti, non osservando la natura delle cose gravi, e in questo caso fanno come il sangue delli animali, che sempre si move dal mare del core e scorre alla sommità delle loro teste, e quivi ronponsi le vene, come si vede una vena rotta nel naso, che tutto il sangue da basso si leva all’altezza della rotta vena. Quando l’acqua esce dalla rotta vena della terra, essa osserva la natura dell’altre cose più gravi che l’aria, onde senpre cerca i lochi bassi. Vanno le vene scorrendo con infinita ramificazione pel corpo della terra „.

c)

[Manoscritto *A*, fol. 55 verso].

“ *Delle vene de l’acqua sopra le cime delle montagne* (1).

“ Chiaro apparisce che tutta la superfizie dell’oceano, quando non

(1) Questo passo costituisce il § XXXVIII, Libro I del trattato *Del Moto e misura dell’acqua* [pag. 289], Bologna 1826.

à fortuna, è di pari distanza [d]al centro de la terra, e che le cime delle montagne sono tanto più lontane da esso centro, quanto elle s'alzano sop[r]a alla superficie d'esso mare. Adunque se 'l corpo della terra non avesse similitudine con l'[u]omo, sarebbe impossibile che l'acqua del mare essendo tanto più bassa che le montagne, ch'ella potesse di sua natura salire alle sommità d'esse montagne. Onde è da credere che quella cagione che tiene il sangue nella sommità della testa, quella medesima tenga l'acqua nella sommità de' monti „

d)

[Codice Atlantico, fol. 309 verso a].

“ Similmente i moti dell'acque scorrenti per tutti i meati della arida terra sono vivificazion di quella.

“ E come l'umore sparso per la vite si leva in alto, e versa per li tagliati membri, simil fa l'acqua, che 'n alto si leva, e versa per le rompiture de le somme altezze de' monti.

“ Similmente l'acque di basso in alto si levano, versando per le rotture delle somme altezze degli altissimi monti.

“ E siccome l'omere, che versa per la tagliata vite, desidera solo il centro del mondo, e verso quel si move, ancora l'acque, versando dall'altezze de' monti, in verso esso centro volentieri si movano.

“ E come l'acqua della tagliata vite, sopra le sua radici cadendo, e in quelle penetrando, in alto si rileva, alla medesima tagliatura reverse: così l'acqua delle sommità de' monti cadendo, e per li meati della terra penetrando, in su ritorna „

e)

[Manoscritto H., fol. 101 verso (= H 3, 42 recto)].

“ L'acqua che da l'infima profondità del mare entrando nelle forze del suo motore, all'alte cime de' monti è sospinta, dove trovando le vene tagliate, ivi ruina, e per la via più breve al basso mare ritorna; e di novo per le ramificate vene si leva e po' ricade.

“ E così tra su e giù voltando, qua di dentro o di fori co[n] naturale o ac[c]identale moto girando, a similitudine della vite, della quale l'acqua che versa per li tagliati rami e che ricade sulle sua.... di novo per li meati sormonta e a simili disciensi ritorna „



IX.

Il disastroso terremoto di Rodi del 1481

descritto dai PP. Coronelli e Parisotti.

[*Isola di Rodi Geografica-Storica, Antica e Moderna, coll'altre adiacenti, già possedute da Cavalieri Hospitalieri di S. Giovanni di Gerusalemme.* Opera de' Padri Maestri CORONELLI Cosmografo, ecc. e PARISOTTI Storiografo, ecc. Tomo Primo. In Venetia, 1688 [pagg. 157-163]. Alla Libreria della Geografia sopra il Ponte di Rialto].

" fu scossa la Città [di Rodi] per tutto l'anno 1481, da si spaventosi, ed horribili Terremoti: così che soggiacquero a grave danno le reliquie de' precipitati [nell'assedio del 1480] Edificci e gli habitanti di quella.

" Il primo movimento di questo cominciò a farsi udire nella Città di Rodi a' 15 Marzo, circa la nona hora del giorno, il quale con impeto grandissimo fece tremare la Terra, empiendo ogn'uno di spavento; e continuarono dopo questo alcuni altri Terremoti. Allì 3 Maggio, circa la terza hora del giorno, segui un altro Terremoto maggiore de' passati, e nel medesimo punto cominciò a piovere con tanta furia, con si grand'impeto, e copia d'acqua, che pareva appunto, ch'insieme s'abbissasse la Terra, e rovinasse il Cielo. Mentre che veniva agitata da contrarie esalazioni la Terra mossa, ed il mare intumidito, gonfiandosi dieci piedi più del suo natural costume, intimando alla Città l'ultima rovina; rimase tutta inondata, indi con repentino reflusso ritirandosi scemò altrettanto, di quello era cresciuto. Fu così furioso l'impeto dell'esalazione scatenata de' venti, che per sette fiato rinnovato il terremoto, si credettero i Rodiani profondarsi coll'Isola; ma non molto dopo ritornando il Mare alla sua natural placidezza, cessò anche il vertiginoso tremore della Terra politica, senza rovinar alcun Edificio. Vera sola Nave grossa, che galeggiava su l'Ancore in Porto, rompendosi le gomene, per la violenza dell'onde, si fracassò in uno scoglio, colla morte di tutte le Persone. Non terminarono in tanto fracasso i spaventi del Terremoto, replicati col traballamento funesto della Terra, anco nel terzo giorno d'Ottobre. Essendo poi state alcune settimane senza farsi sentire con movimento alcuno, nuovamente fracassate, ed accre-

sciute le cause naturali di quelle sotterranee convulsioni, si fece finalmente sentire ai 18 Dicembre con tre spaventosi tremiti, l'uno maggiore dell'altro. Si scuotè con tanta violenza la Terra, e gli Edificii che pareva l'ultimo esitio del Mondo. Occorse il primo Terremoto alle sei della notte, nel fiero movimento del quale destandosi improvvisamente i Cittadini, ch'eran immersi nel sonno, tutti spaventati, lanciandosi dal letto, ed uscendo colle Mogli, e Figliuoli mezzi ignudi dalle case, per timore, che gli cadessero in capo, s'abbandonavano fuggendo in dispersione. Correvano tracciando sicurezza allo scampo, molti allo scoperto nelle Piazze, altri ricorrevano nelle Chiese, altri in Grotte, altri in Cantine, alcuni sotto Archi, e Volte; e chi negli Angoli, e ne' cantoni delle muraglie ritirati perivano. Seguì questo intorno alle dieci ore della medesima notte: ma il secondo Terremoto fu assai maggiore del precedente, poi che per il moto smisurato, e violentissimo, riempi ciascuno d'incredibile spavento; e sollevandosi la Città con gemiti, lamentazioni, e spaventose grida, s'acrebbe non poco l'orrore del Terremoto. Poco dopo sopra giunse finalmente il terzo, senza comparazione alcuna assai più orribile, strano, e dannoso di tutti gli altri. Ondeggiava così fieramente la Terra che sembrava rovesciarsi nel Mare, e tornar con reflusso all'equilibrio del suo centro, col precipizio di molte case al suolo, che formarono, tra le caligini della notte, colla macerie confusa delle sue rovine, sepolcro funesto di Gente viva d'ogni età, sesso, e conditione. Eccheggiava l'aria d'ogni intorno allo stridore degli Huomini, alla doglianza delle Donne, ed al pianto degli atterriti Fanciulli. Caddero a questo smisurato, ed incompatibile Terremoto, molte Chiese, ed Oratorii. Rovinarono i Palazzi de' Magistrati, e le Case private dei Cittadini, e degli Habitanti. S'alcuna rimase in piedi, apparve sì fattamente conquassata, e risentita, ch'appena si potea sostenere. Cadde fra gli altri grand'Edificii, e fin da fondamenti rovinò il Palazzo dell'Albergo Provenzale. Non perdonò questo fiero, e strano accidente all'habitatione del Gran Mastro, alle Torri, che guardavano la bocca del Porto, nè alla Torre, e Fortessa stessa di San Nicolò; la quale essendo stata poc'anzi restaurata, dopo la fiera, e crudele battaia, che dall'Artiglieria Turchesca haveva sostenuta, fu' di nuovo dal Terremoto sopradetto, quasi del tutto rovinata. Era cosa veramente lacrimevole, e degna di compassione grandissima, il vedere la povera Città di Rodi in tal guisa mesta, e disfatta. Non osavano i Cittadini attoniti, e storditi ritornare alle proprie Case, e si ricoveravano nelle Piazze, e ne' luoghi senza tetto, ed aperti, sotto Padiglioni, Tende e Caselle di legno, colle Mogli, Figliuoli, e colle Famiglie loro. Nell'altra notte seguente, si fece poi sentire un'altra volta il Terremoto, ma non con tanta violenza, nè con movimento così feroce. Cessato però il tremore, soffiavano Venti così impetuosi e terribili, che accompagnati da grandissime piogge, rappresentavano l'alluvione universale del Mondo, e tanto suc-

cesse per que' Rodiani, che rimasero allo scoperto. Riflettevano gli Huomini intendenti, e saputi d'haver letto in alcuni Libri, che l'Isola di Rodi, per cagion d'un Terremoto dal Mar fosse nata, come dicemmo: e dubitavano ch'allhora con simil fine douesse corrispondere al suo principio..... Si compiacque però finalmente Iddio..... por fine a quel tremendo, e spaventoso flagello; onde fu questo l'ultimo sforzo, che l'esaltatione, & i vapori fecero nello sboccare dalle viscere cavernose della Terra. Si risentì nei primi Terremoti non solo Rodi; ma l'Arcipelago tutto „

Gli stessi Autori, parlando dell'isola di Stanchio descrivono quest'altro parossismo [pag. 312]:

“ .. e nel 1493, machinando sotto terra .. traballò tutta l'isola, e trasbalzata con un Terremoto ogni struttura, che doveva reprimere gli assalti de' più fieri Nemici del Cielo. In quel giorno il diocettesimo d'ottobre, in cui si scosse con tremito grande la Terra, e tremò con tanto impeto Narangia, e le Castella d'Antimachia, Pelli, e Chelasi, che prima del tramontar del sole, cadde la maggior parte di Case, e delle Muraglie delle Fortesse, ch'infransero le membra, ed oppressero alcuni cavalieri, con altri Huomini, Donne e Fanciulli „



X.

Girolamo Fracastoro ed i fossili.

[*Musaeum Franc. Calceolarii jun. veronensis* a BENEDICTO CERUTO medico phys. excellentiss. collegii luculenter descriptum et perfectum, in quo multa ad naturalem moralemque Phylosophiam spectantia, non pauca ad rem medicam pertinentia erudite proponuntur et explicantur, non sine magna rerum exoticarum supellectile, quae artificio plane manu in aes incisae studiosis exhibentur [pag. 407], Verona 1622] (1).

MAGNI FRACASTORII

SENTENTIA

DE PROPOSITA QUÆSTIONE.

" Torellus Sarayna Juris Consultus civis noster, et de communi patria optime meritis, qui primus Urbis Veronae antiquitates ipso vetustatis situ obsitas, et paene oblitteratas illustravit, et latinae linguae nitore non contemnendo descripsit, cum montis nostrae civitatis partem illam in qua fons est, qui a ferro dicitur, describeret, et speluncas, cavernas, et cuniculos in ea repertos, dum propugnacula a Dominis Venetis aedificarentur, commemorasset, subdit: *Aliud etiamnum mihi subivit miraculum: quum eodem in monte foderetur, spectabantur Echini lapidei, Paguri, Conchae, Cochleae, Ostreae, Stellaeque, Pisces, Avium rostra, et id genus alia passim multa.*

" Meminerat porro Sarayna se apud Theophrastum et Plinium legisse ossa et alia multa lapidescere: Pontanum quoque scripsisse videri lapidescere Sarni caeruleo sub fonte Alnum, Filicisque manipulos: non adeo mirandum esse si illa diuturnitate temporis in lapidem concreverint, illud maiori dignum admiratione quo pacto haec si viva quandoque fuere in hos montes aut delata fuerint, aut enata.

" Cum igitur hac de re valde anceps esset, Sarayna clarissimum Fracastorium a se lapideo Paguro egregio et praegrandi donatum rogavit, quaenam esset de hac re philosophorum opinio. Respondit:

" Tres de hac quaestione esse sententias. Unam eorum qui putarent

(1) L'illustrazione del museo Calceolari io non l'ò potuta rinvenire nelle biblioteche presso le quali ò fatte le ricerche per il presente studio: il relativo passo è stato tolto da uno scritto di P. LIOY (*Fracastoro e le sue idee divinatorie della Paleontologia* [in] *Atti R. Istituto Veneto di Sc., Lett. ed Arti*. Tomo IX, Serie VII, Venezia 1898 [pp. 1099-1110]. — Cfr. le pp. 1108-9).

hos effigiatos lapides in montes iactatos fuisse, quo tempore aquarum colluvia montes superavere: quam sententiam sibi non probari professus est, tum quia aquae, quae montes exuperarunt non fuerunt maria, sed inundationes e coelo, tum quod oporteret videri conchas, et id genus alia in verticibus montium, aut si superexcrevisset terra, videri saltem certo solum tractu, qua tum vertices montium erant, quod certe non liquido constat, quando eritis montibus in quibus sunt haec non una solum parte appareant, sed etiam in mediis, et in imis, et ubique.

“ Aliam sententiam esse dicentium in montibus esse humorem quandam, et alicubi salsum, et varium, a quo saepe vera animalia maritima fiunt, et quodammodo generantur, ut in dactylis videre est, qui in mediis saxis nascuntur, et inde excavantur. Interdum non vera animalia fieri, sed quae imitantur vera, nam quemadmodum et natura imitatur species terrestrium in mari, ita in montibus non veras conchas fieri viventes, sed consimile quiddam, quod mox lapidescit ob frigiditatem circum ambientis loci, cuius signum affirmant esse, quod conchae quantum ad id quod intra est non plane animal referunt.

“ Sed hanc quoque sententiam non placere sibi aiebat, quoniam lapidea haec aut unquam vixere, animantiaque extitere, aut non: si quidem olim vixere non jam jocatur natura, et imitatur, sed verum animal facit quale in mari gignitur. At vero in montibus inter saxa esse eam vim genitricem, quae in mari, non satis rationi consonum videtur, praesertim in grandioribus animalibus, quae multa poscunt: cui rei addi et illud potest, quod si olim genita fuissent oporteret et nunc alicubi gigni, et erui e montibus viventia haec animalia, quemadmodum et dactyli: si vero nunquam vixere, sed imitationes tantum fuere verorum animalium, hoc certe contra sensum est. Eruuntur enim conchae non paucae, quarum pars in lapidem concrevit, pars nondum mutata est, sed verae conchae rationem habent et teneritatem, et cum reliquis mollitudinem. Quare videre est illas olim veras fuisse conchas, quod si id quod intra est in quibusdam non plane concham refert, causa est, quod caro quae mollis ex se erat et contrahi nata, multa terra circum tecta mox in lapidem colvit.

“ Cum hactenus magni Fracastorij sententiam recitasset Sarayna, qua aliorum philosophorum sibi hac in re non probari placita dicebat, subiecit.

“ Ergo se dicebat existimare haec olim vera animantia fuisse illuc iactata a mari et in mari enata. Sed haec pendere ex majori cognitione, montes enim omnes a mari factos fuisse asseverabat, primum iactata arena in cumulos fuisse quae olim mare, ubi nunc montes et insulas, quod et in dies videtur fieri, quando et Aegyptus tota mari olim obruta fuerit, et in littoribus etiam Italiae ut circa Ravennam apparet, ubi longe abest mare ab eo quod olim fuerat passuum centum „

XI.

Pensieri di Leonardo da Vinci sopra i fossili.

a)

[Manoscritto *Leic.*, fol. 8 verso. — RICHTER, II, § 987].

“ Del diluvio e de' nichii marini.

“ Se tu dirai che li nichii, che per li confini d'Italia lontano dalli mari in tanta altezza si veggono alli nostri tempi, siano stati per causa del diluvio che li li lascio, io ti rispondo che, credendo tu che tal diluvio superasse il più alto monte 7 cubiti, come scrisse chi li misurò, tali nichii che senpre stanno vicini ai liti del mare, e' doveano restare sopra tali montagne, e non si poco sopra le radici de' monti per tutto a una medesima altezza a suoli a suoli. E se tu dirai che, essendo tali nichii vaghi di stare vicini alli liti marini, e che, crescendo [l'acqua] in tanta altezza, che li nichii si partirono da esso lor primo sito e seguitarono l'accrescimento delle acque insino alla lor somma altezza. Qui si risponde che, sendo il nichio animale di non più veloce moto, che si sia la lumaca, fori dell'acqua, e qualche cosa più tarda, perchè non nota, anzi si fa un solco per l'arena mediante i lati di tal solco ove s'appoggia, caminerà il dì dalle 3 alle 4 braccia; adunque questo con tale moto non sarà caminato dal mare Adriano insino in Monferrato di Lombardia, chè v'è 250 miglia di distanza, in 40 giorni, come disse chi tenne conto d'esso tempo. E se tu dici che l'onde ve li portarono, essi per la lor gravezza non si reggono, se non sopra il suo fondo; e se questo non mi concedi, confessami almeno ch'elli aveano a rimanere nelle cime de' più alti monti, e ne' laghi che in fra li monti si serrano, come lago di Lario o di Como, e 'l Maggiore, e di Fiesole e di Perugia e simili.

“ E se tu dirai che li nichii son portati dall'onde, essendo voti e morti, io dico che dove andavano li morti poco si rimovevano da' vivi, e in queste montagne sono trovati tutti i vivi che si conoscono che sono colli gusci appaiati, e sono in un filo dove non è nessun de' morti, e poco più alto è trovato, dove eran gittati dall'onde tutti li morti colle loro scorze separate, apresso dove li fiumi cascavano in mare in gran

profondità; come Arno, che cadea dalla Gonfolina apresso a Monte Lupo, e quivi lasciava la ghiaja, la quale ancor si vede, che si è insieme ricongelata, e di pietre di vari paesi, nature e colori e durezza se n'è fatto una sola congelazione; e poco più oltre la congelazione dell'arena s'è fatta tufo, dov'ella s'agirava inverso Castel Fiorentino; più oltre si scaricava il fango, nel quale abitavano i nichì, il quale s'inalzava a gradi, secondo che le piene d'Arno torbido in quel mare versavano, e di tempo in tempo s'inalzava il fondo al mare, il quale a gradi producea essi nichì, come si mostra nel taglio di Colle Gonzoli, dirupato dal fiume d'Arno, che il suo piede consuma, nel qual taglio si vedono manifestamente li predetti gradi de' nichì in fango azzureggiante, e vi si trova di varie cose marine. E si è alzata la terra del nostro emisferio per tanto più che non solea, per quanto ella si fece più lieve delle acque, che le mancarono per il taglio di Calpe e d'Abila, e altrettanto più s'è alzata, perchè il peso dell'acque, che di qui mancarono, s'aggiunsero alla terra volta all'altro emisferio. E se li nichì fossero stati portati dal torbido diluvio, essi si sarebbero misti, separatamente l'un da l'altro, infra 'l fango, e non con ordinati gradi a suoli, come alli nostri tempi si vede „

b)

[Manoscritto *Leic.*, fol. 9 recto. — RICHTER, II, § 988].

* Di quelli che dicono che i nichì sono per molto spazio e nati remoti dalli mari per la natura del sito e de' cieli, che dispone e influisce tal loco a simile creazione d'animali; a costor si risponderà, che, se tale influenza d'animali non potrebbe accadere in una sola linia, se non animali di medesima sorte e età, e non il vecchio col giovane, e non alcun col coperchio e l'altro essere senza sua copritura, e non l'uno esser rotto e l'altro intero, e non l'uno ripieno di rena marina, e rottame minuto e grosso d'altri nichì dentro alli nichì interi, che li son rimasti aperti, e non le bo[c]che de' granchi senza il rimanente del suo tutto, e non li nichì d'altre spezie appiccati con loro in forma d'animale, che sopra di quelli si movesse, perchè ancora resta il vestigio del suo andamento sopra la scorza, che lui già, a uso di tarlo sopra il legname, andò consumando; non si troverebbero infra loro ossa, e denti di pescie, li quali alcuni dimandano saette, e altri lingue di serpenti, e non si troverebbero tanti membri di diversi animali insieme uniti, se li da' liti marini gittati non fussino, e 'l diluvio li non gli avrebbe portati, perchè le cose gravi più dell'acqua non stanno a galla sopra l'acqua, e le cose predette non sariano in tanta altezza, se già a nuoto ivi sopra dell'acque portate non furono, la qual cosa è impossibile per la lor gravezza. Dove le vallate non ricie[ve]vono le

acque salse del mare quivi i nichii mai non si vedono, come manifesto si vede nella gran valle d'Arno, di sopra alla Gonfolina, sasso per antico unito con Monte Albano in forma d'altissimo argine, il quale tenca ringorgato tal fiume in modo che prima che versasse nel mare, il quale era dopo ai piedi di tal sasso, componea 2 grandi laghi, de' quali il primo è dove oggi si vede fiorire la città di Fiorenze insieme con Prato e Pistoia, e Monte Albano seguiva il resto dell'argine, insin dove oggi è posto Serravalle; dal Val d'Arno di sopra insino Arezzo si creava uno secondo lago, il quale nell'antidetto lago versava le sue acque, chiuso circa dove oggi si vede Girone, e occupava tutta la detta valle di sopra per ispazio di 40 miglia di lunghezza: questa valle riceve sopra il suo fondo tutta la terra portata dall'acqua da quella intorbitata, la quale ancora si vede a' piedi di Prato Magno restare altissima, dove li fiumi non l'anno consumata, e infra essa terra si vedono le profonde segature de' fiumi che quivi son passati, li quali discendono dal gran monte di Prato Magno: nelle quali segature non si vede vestigio alcuno di nichii e di terra marina; questo lago si congiugnea col lago di Perugia.

* Gran somma di nichii si vede, dove li fiumi versano in mare, perchè in tali siti l'acque non sono tante salse per la mistion dell'acque dolci, che con quelle s'uniscono; e 'l segnio di ciò si vede dove per antico li Monti Appenini versavano li lor fiumi nel mar Adriano, li quali in gran parte mostrano in fra li monti gran somma di nichii insieme col'azzurigno terreno di mare; e tutti li sassi, che di tal loco si cavano, son pieni di nichii; il medesimo si conosce avere fatto Arno, quando cadea dal sasso della Gonfolina nel mare, che dopo quella non troppo basso si trovava, perchè a quelli tempi superava l'altezza di San Miniato al Tedesco, perchè nelle somme altezze di quello si vedono le ripe piene di nichii e ostriche dentro alle sue mura; non si distesero li nichii inverso Val di Nievole, perchè l'acque dolci d'Arno in là non si astendeano.

* Come li nichii non si partirono dal mare per diluvio, perchè l'acque, che di verso la terra venivano, ancora che esse tirassino il mare inverso la terra, esse eran quelle che percuoteano il suo fondo, perchè l'acqua, che viene diverso la terra, à più corso che quella del mare, e per conseguenza è più potente, entra sotto l'altra acqua del mare, e rimuove il fondo, e accompagna con seco tutte le cose mobili, che in quella trova, come son i predetti nichii e altre simili cose; e quanto l'acqua, che vien di terra, è più torbida che quella del mare, tanto più si fa potente, e grave, che quella; adunque io non ci vedo modo di tirare i predetti nichii tanto in fra terra, se quivi nati non fussino. Se tu mi dicessi, il fiume Loira, che passa per la Francia, nell'accrescimento del mare si copre più di ottanta miglia di paese, perchè è loco di gran pianura, e 'l mare s'alza circa braccia 20, e nichii si vengono

a trovare in tal pianura, discosta dal mare essa 80 miglia, qui si risponde che 'l flusso e reflusso ne' nostri mediterrani mari non fanno tanta varietà, perchè in Genovese non varia nulla, a Vinegia poco, in Africa poco, e dove poco varia, poco occupa di paese.

c)

[Manoscritto *Leic.*, fol. 9 verso. — RICHTER, II, § 989].

" Confutazione ch'è contro color che dicono, i nichì esser portati per molte giornate distanti dalli mari per causa del diluvio tant'alto che superasse tale altezza.

" Dico che il diluvio non potè portare le cose nate dal mare alli monti, se già il mare gonfiando non creasse inondazione insino alli lochi sopradetti, la qual gonfiatione accadere non può, perchè si darebbe vacuo, e se tu dicessi l'aria quivi riempirebbe, noi abbiamo concluso il grave non si sostenere sopra il lieve, onde per neciessità si conclude, esso diluvio essere causato dall'acque piovane; e se così è, tutte esse acque corrono al mare, e non corre il mare alle montagne; e se elle corrono al mare, esse spingono li nichì dal lito del mare, e non le tirano a se. E se tu dicessi, poichè 'l mare alzò per l'acque piovane, portò essi nichì a tale altezza, già abbiamo detto che le cose più gravi dell'acqua non notan sopra di lei, ma stanno nei fondi, dalli quali non si rimovono, se non per causa di percussion d'onda. E se tu dirai, che l'onde le portassino in tali lochi alti, noi abbiamo provato che l'onde nelle gran profondità tornano in contrario nel fondo al moto di sopra, la qual cosa si manifesta per lo intorbidare del mare dal terreno tolto vicino alli liti. Muovesi la cosa più lieve che l'acqua insieme colla sua onda, ed è lasciata nel più alto sito della riva dalla più alta onda; muovesi la cosa più grave che l'acqua sospinta dalla sua onda nella superficie e dal fondo suo, e per queste due conclusioni, che ai lochi sua saran provate a pieno, noi concludiamo che l'onda superfiziale non può portare nichì per essere più grievi che l'acqua.

" Quando il diluvio avesse a[v]uto a portare li nichì trecento e quattro cento miglia distanti dalli mari, esso li avrebbe portati misti con diverse nature insieme ammontati, e noi vediamo in tal distanzie l'ostriche tutte insieme, e le conchilie e li pesci calamai, e tutti li altri nichì, che stanno insieme a congregazione, essere trovati tutti insieme morti, e li nichì soletari trovarsi distanti l'uno dall'altro, come ne' liti marittimi tutto il giorno vediamo. E se noi troviamo l'ostriche insieme apparentate grandissime, infra le quali assai vedi quelle che àno ancora il coperchio congiunto, a significare che qui furono lasciate dal mare, che ancor viveano quando fu tagliato lo stretto di Gibilterra. Vedesi

in nelle montagne di Parma e Piacenza le moltitudini di nichì e coralli intarlati, ancora appiccati alli sassi, de' quali, quand'io facevo il gran Cavallo di Milano, me ne fu portato un gran sacco nella mia fabbrica da certi villani, che in tal loco furon trovati, fra li quali ve n'era assai delli conservati nella prima bontà.

* Truovansi sotto terra e sotto li profondi cavamenti de' lastroni li legniami delle travi lavorati, fatti già neri, li quali furon trovati a mio tempo in quel di Castel Fiorentino: e questi in tal loco profondo v'erano prima che la litta gittata dall'Arno nel mare, che quivi copriva, fusse abbandonata in tant'altezza, e che le pianure del Casentino fussin tanto abbassate dal terren che àno al continuo di li sgonberato.

" E se tu dicessi, tali nichì essere creati e creano a continuo in simili lochi per la natura del sito e de' cieli, che quivi influisce, questa tale openione non sta in cervelli di troppo discorso, perchè quivi s'enumeran li anni del loro accrescimento sulle loro scorze, e se ne vedono piccoli e grandi, i quali senza cibo non crescerebbero e non si ciberebbero senza moto, e quivi muovere non si poteano.

d)

[Manoscritto *Leic.*, 10 recto. — RICHTER, II, § 996].

* Come nelle falde, infra l'una e l'altra si trovano ancora li andamenti delli lonbrici, che camminavano infra esse quando non erano ancora asciutte.

* Come tutti li fanghi marini ritengono ancora de' nichì ed è petrificato il nichio insieme col fango.

* Della stoltizia e semplicità di quelli che vogliono, che tali animali fussino alli lochi distanti dai mari portati dal diluvio.

* Come altra setta d'ignoranti affermano la natura, o i celi averli in tali lochi creati per influssi celesti, come in quelli non si trovassino l'ossa de' pesci cresciuti con lunghezza di tempo, come nelle scorze de' nichì e lumache non si potesse annumerare li anni o i mesi della lor vita, come nelle corna de' buoi e de' castroni, e nella ramificazione delle piante che non furon mai tagliate in alcuna parte.

* E avendo con tali segni dimostrato e la lunghezza della loro vita essere manifesta, ecco bisogno confessare, che tali animali non vivino senza moto per cercare il loro cibo, e in loro non si vede strumento da penetrare la terra e 'l sasso, ove si trovano rinchiusi. Ma in che modo si potrebbe trovare in una gran lumaca i rottami, e parte di molt'altre sorti di nichì di varie nature, se ad essa sopra de' liti marini già morta, non li fussino state gittate dalle onde del mare, come dell'altre cose lievi, che esso gitta a terra? Perchè si truova tanto rot-

tame e nichì interi fra falda e falda di pietra, se già quella sopra del lito non fusse stata ricoperta da una terra rigittata dal mare, la qual poi si venne petrificando? E se 'l diluvio predetto li avesse in tali siti dal mare portato, tu troveresti essi nichì in nel termine d'una sola falda, e non al termine di molte; devonsi poi annumerare le vernate delli anni, che 'l mare multiplicava le falde dell'arena e fango, portatoli da fiumi vicini, e ch'elli scaricava in sui liti sua. E se tu volessi dire, che più diluvi fussino stati a produrre tali falde e nichì infra loro, e' bisognerebbe, che ancora tu affermassi ogni anno essere un tale diluvio accaduto. Ancora infra li rottami di tal nichì si presume in tal sito essere spiaggia di mare, dove tutti i nichì son gittati rotti e divisi e non mai appaiati, come infra 'l mare vivi si trovano con due gusci, che fan coperchio l'uno all'altro. E infra le falde della riviera e de' liti marittimi son trovati dei rottami; E dentro alli termini delle pietre son trovati rari e appaiati de' gusci, come quelli che furon lasciati dal mare sotterrati vivi dentro al fango, il qual poi si seccò e col tempo petrificò „.

e)

[Manoscritto *Leic.*, fol. 10 verso. — RICHTER, II, § 991.]

“ E se tu vuoi dire che tale diluvio fu quello che portò tali nichì fuor de' mari centinaia di miglia, questo non può accadere, essendo stato esso diluvio per cause di piogge, perchè naturalmente le piogge spingono i fiumi insieme colle cose da loro portate inverso il mare, e non tirano inverso de' monti le cose morte dai liti marittimi; e se tu dicessi che 'l diluvio poi s'alzò colle sue acque sopra de' monti, il moto del mare fu sì tardo col camino suo contro al corso de' fiumi, che non avrebbe sopra di se tenuto a nuoto le cose più gravi di lui; e se pur l'avesse sostenute, esso nel calare l'avrebbe lasciate in diversi lochi seminate. Ma come accomoderemo noi li coralli, li quali inverso Monteferrato di Lombardia essersi tuttodi trovati intarlati, appiccati alli scogli scoperti dalle correnti di fiumi? e li detti scogli sono tutti coperti di parentadi e famiglie d'ostriche, le quali noi sappiamo che non si movono, ma stan senpre appiccate col'un de' gusci al sasso, e l'altro aprono per cibarsi d'animaluzzi, che notan per l'acque, li quali, credendo trovar bona pastura, diventano cibo del predetto nichìo; non si trova l'arena mista coll'aliga marina essersi petrificata poichè l'aliga, che la [f]ramezzava, venne meno e di questo scopre tutto il giorno il Po nelle ruine delle sue ripe „.

f)

[Manoscritto F., fol. 79 recto].

" Delli animali che àn l'ossa di fori come nichì, chiocc[i]ole, ostrighe, cappe, bovoli, e simili che sono di spesie innumerabili.

" Quando li diluvii de' fiumi intorbidati di sottil fango lo scaricavan sopra li animali che abitan sotto l'acque vicine alli liti marini, essi animali rimaneano inprontati da tal fango, e li, trovandosi assai sotto gran peso di tal fango, era necessario mori[r]si, mancando loro li animali di ce [cui] essi nutrire si soleano. E col tempo abassandosi il mare, tal fango, scolate l'acque salse, si venne a convertire in pietra, e li gusci di tali nichì, [essendo] g[i]à consumati li loro animali, erano il [in] loco di quelli rienpiuti di fango: e così nelle creazion [trasformazione] di tutto il circostante fango in pietra, ancor esso fango, che dentro a[l]le scorze de' nichì alquanto aperte era rimasto, essendo per tale apertura di nichio cong[i]unto coll'altro fango, si venne ancora lui a convertire in pietra. E così restarono tutte le scorze di tali nichì infra le 2 pietre, c[i]oè, infra quella che lor seravano, e quella ch'elle richiudean loro, le quali ancora in molti lochi si ritrovano. E quasi tutti li nichì petrificati nelli sassi de' monti àno ancora la scorza naturale intorno; e massime quelle ch'eran invecchiate assai, che per la lor dure[z]za s'eran conservate; e le g[i]ovani, g[i]à calcinati, in gran parte erano state penetrate dall'omore visc[h]ioso e petrificativo.

[in margine] " De nichì inprontati e petrificati, che non àn la figura superfiziale che aveva la loro scorza „

g)

[Manoscritto F., fol. 79 verso].

" Delle ossa de' pesci che si trovan ne' pesci petrificati.

" Tutti li animali che àno l'ossa di dentro alla lor pelle che sono stati coperti dalli fanghi de diluvii de' fiumi, discosti [usciti dagh] a l'ordinari letti di tal fiumi, sono stati alla minuta inprontati da tali fanghi. E col tempo, essendo[si] abassato li letti de' fiumi, tali animali inprontati e rinchiusi in tal fanghi e quali àn consumata la lor carnosità e intestine, e sol n'è restate l'ossa discomposte de loro ordine, son cadute nel fondo della concavità della loro inpronta; nella quale quando il fango, per la sua elevazion dal corso del fiume, s'è risecho [seccato] dell'umido acquoso e piglia l'umido viscoso, e fassi pietra rinchiudendo c[i]ò che il lui [che intorno a lui] si trova, e rienpiendo ogni vacuita di

se, e trovando la concavità della impronta di tali animali, li sottilmente penetra per le minute porosità della terra per le quali l'aria, che dentro occupava [*si trovava*], si fugge per le parte laterali, perchè di sopra fugir non pò, perchè tal porosità è occupato [d]all'omore che in tal vacuo discende, e di sotto non pò fugire, perchè l'omore g[fi]à caduto, à riserata la porosità di sotto. Restan le parte laterale aperte, donde tale aria condensata e prenutta dall'omore che discende si fugge colla medesima tardità, qual'è quella dell'omore che quivi discende; e così risecho [*seccato*] tale omore si fa pietra senza gravosità, e riserva la medesima forme dello animale che quivi s'inpronta [*à lasciata la sua impronta*] e dentro a lui restan l'ossa „.

h)

[Manoscritto F., fol. 8o recto].

“ *Nichi e loro necessaria figura.*

[*in margine*] “ Casa de' nicchi.

“ L'animale che abita nel nichio si fa l'abitazione colle g[fi]unture, commessure, coperchi e altre pa[r]ticule, sì come l'omo fa alla casa dove esso abita. E questo animale cresce a gradi la casa e 'l coperchio, secondo l'accrescimento del suo corpo, e à la sua apicatura nelli lati di tal gusci: per la quale la tersità e delicatezza che à dentro tali gusci in tale appicatura de l'animal che l'abita, rimane alquanto maculata, e con concavità ruvida, atta a ricevere la congiunzion de' muscoli con che tale animale si ritira dentro, quando si vuole riserrare in casa.

“ Quando la natura viene alla generazione delle pietre, essa genera una qualità d'omore viscoso il quale, col suo secarsi, congela in se c[fi]ò che dentro a lui si rinchiude, e non li converte in pietra, ma li conserva dentro a se nella forma che li à trovati. E per questo le foglie son trovate intere dentro li sassi nati nelle radici de mon[ti] con quella mistione di varie spezie, sì come li le lasciaro[n] li diluvi de' fiumi nati alli tempi delli altunni, dove poi li fanghi delle inondazioni succedenti le ricoperseno, e questi tali fangi poi si collegoron del sopradetto omore e convertissi in pietra faldata a gradi, secondo le gradi d'esso fango „.

i)

[Manoscritto F., fol. 8o verso].

“ *De nichì ne' monti.*

[*in margine*] “ Nichi.

“ E se tu vorrai dire li nichì esser prodotti dalla natura in essi monti mediante le constellatione, per qual via most[r]erai [*spiegherai*] tal con-

stellazione fare li nichì di varie grandezze e d[i] diverse età, e di di-
varie spezie [i]n un medesimo sito [?].

[*in margine*] " Giara.

" E come mi most[r]erai la giara congelata a gradi in diverse al-
tezze delli alti monti, perchè quivi e di diverse ragioni giare portate
di diversi paesi dal corso de' fiumi in tal sito [?] E la ghiara non è altro
che pez[z]i di pietra che àn persi li angoli per la lunga revoluzione
e di diverse percussioni e cadute che ell[e] [*anno*] avuta mediante
li corsi delle acque che in tal lochio la condusse.

[*in margine*] " Delle fogl[i]e.

" Come proverrai il grandissimo numero di varie spezie di foglie
congelate nelli alti sassi di tal monti, e l'aliga, erba di mare, stante
a diacere mista con nichì e rena; e così vedrai onni cosa petrificato
insieme con granchi marini, rotti in pez[z]i, separati e tramez[z]ati t[r]a
essi nichì. Come [....?] „



XII.**Le trasformazioni del Valdarno
secondo G. Villani.**

[*La prima Parte Delle Historie universali de suoi tempi di GIOUAN VILLANI, Cittadino Fiorentino. Nuovamente ristampate, ecc. [lib. 1°, cap. XLIII, pag. 28]. In Venetia. Ad instantia de Giunti di Fiorenza, MDLIX.*]

“ Questa Anibal mostra per nostro arbitrare, ch’elli scendessi l’Alpi tra Modena e Pistoia, & paduli fossero per lo fiume d’Arno per el piano di Fienze infino di là da Signa; & questo si proua che anticamente tra Signa & il monte della Golfolina, nel mezzo del corso del fiume d’Arno, oue si restringe in picciolo spatio tra roccie di montagne, oue era una grandissima pietra, che si chiamaua Golfolina, la quale per sua grandezza & altezza, comprendea tutto ’l corso del fiume d’Arno, per modo ch’ il faccia ringorgare insino assai presso doue è hoggi la città di Firenze, & per lo detto ringorgamento si spandeu l’acqua del fiume d’Arno, & d’ombrone & di Bisenzo per lo piano sotto Signa, & di Septimo, & di Prato, & di Campi, insino presso appie de’ monti facendo paduli. Ma trouasi & per euidente esperienza si uede, che la detta pietra Golfolina per maestri, con picconi & scarpelli per forza, fu tagliata, per modo che ’l corso del fiume d’Arno calò & dibassò sì che i detti paduli scemaro & rimasero terra fertile „



XIII.

Manoscritti di Leonardo da Vinci citati nel presente volume.

I.

MANOSCRITTI CONSERVATI IN ITALIA.

a) Codice Atlantico.

MILANO — *Biblioteca Ambrosiana.*

Volume in fol., composto di 393 carte, 1600 foglietti — mm. 650 × 440.

La pubblicazione in fac-simile con doppia trascrizione (letterale una e l'altra con abbreviazioni sciolte e punteggiatura), eseguita dal prof. PIUMATI G., fu a cura dell'Accademia dei Lincei intrapresa nel 1891. A tutt'oggi ne sono usciti fascicoli XXV (Testo pp. 1-1048, fol. 1-299 recto: tavole I-M., fol. 1-299 recto *b*).

Il frontispizio porta il seguente titolo:

“ Il Codice Atlantico di LEONARDO DA VINCI nella Biblioteca Ambrosiana di Milano, riprodotto e pubblicato dalla Regia Accademia dei Lincei, sotto gli auspici e col sussidio del Re e del Governo. — Ulrico Hoepli, Milano, MDCCCLXXXIV „ — Nella copertina dei fascicoli usciti in questi ultimi anni alla dicitura riportata venne aggiunto: “ Trascrizione diplomatica e critica di GIOVANNI PIUMATI „.

Le citazioni da me fatte si riferiscono a questa edizione: le poche riguardanti i fogli non ancora editi, all'Antologia del Richter (di cui in seguito) od al:

“ Saggio delle opere di Leonardo da Vinci. Con ventiquattro tavole fotolitografiche di scritture e di disegni tratti dal Codice Atlantico „. Milano, Tito di Giovanni Ricordi, MDCCCLXXII.

Quest'opera contiene: a) Carlo Belgioioso, Proemio [pp. v-vii]; b) G. Mongeri, Note Biografiche [pp. 1-2] — Il Genio di Leonardo; c) G. Govi, Leonardo letterato e scienziato [pp. 5-22]; d) Boito C., Leonardo Pittore e Scultore [pp. 23-32]. — Seguono le riproduzioni di ventiquattro tavole con trascrizione e note esplicative.

b) **Codice Trivulziano.**

MILANO — *Biblioteca Trivulsiana.*

Volume in 8°, carte 51, pp. 2-104 — mm. 207 × 145.

Publicato in fac-simile con trascrizione e note di Luca Beltrami in:

“ Il Codice di Leonardo da Vinci nella Biblioteca del Principe Trivulzio in Milano Trascritto ed Annotato da LUCA BELTRAMI. Riprodotto in 94 tavole eliografiche da Angelo Della Croce. Milano MDCCCXCI Fratelli Dumolard, editori „ — Vol. in-8° gr. di pp. 310.

II.

MANOSCRITTI CONSERVATI IN FRANCIA.

a) **Manoscritto A.**

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Un volume in 4°, di carte 63 [manca la 53°] — mm. 213 × 146.

Publicato con trascrizione letterale e traduzione francese da C. Ravaissou-Mollien in:

“ Les Manuscrits de Léonard de Vinci — Le Manuscrit A de la Bibliothèque de l'Institut publié en fac-similés (procédé Arosa), avec transcription littérale, traduction française, préface et table méthodique, par M. CHARLES RAVAISSON-MOLLIEN. Paris, A. Quantin Imprimeur Éditeur, MDCCCLXXXI „ — Un vol. in fol.

b) **Manoscritto B.**

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Un vol. in 4°, di carte 84 recto e verso — mm. 235 × 176.

Trascritto e riprodotto come il precedente in:

“ Les Manuscrits de Léonard de Vinci — Manuscrits B & D de la Bibliothèque de l'Institut publiés en fac-similés (procédé Arosa), avec transcription littérale, traduction française, préface et table méthodique, par M. CHARLES RAVAISSON-MOLLIEN. Paris, A. Quantin, MDCCCLXXXIII „ — Un vol. in fol.

c) Manoscritto C.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Codice in fol., di 30 carte, di cui 28 scritte sul recto e verso — mm. 310 × 230.

Trascritto e riprodotto come i precedenti in:

* *Les Manuscrits de Léonard de Vinci — Manuscrits C, E & K de la Bibliothèque de l'Institut. Publiés en fac-similés phototypiques, avec transcriptions littérales, traductions françaises, avant-propos et tables méthodiques, par M. CHARLES RAVAISSON-MOLLIEN. Paris, Maison Quantin, MDCCCLXXXVIII „.* — Un vol. in fol.

d) Manoscritto D.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Fascicolo in 8°, di carte 10, preceduto e seguito da 4 fogli bianchi — mm. 223 × 158.

Trascritto e riprodotto dal Ravaisson-Mollien e pubblicato insieme al manoscritto B (vedi).

e) Manoscritto E.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Volumetto in 8°, di carte 80; ma originariamente di 96 — mm. 150 × 99.

Trascritto e riprodotto dal Ravaisson-Mollien, e pubblicato insieme al manoscritto C (vedi).

f) Manoscritto F.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Volume in 8°, di carte 96 — mm. 145 × 100.

Trascritto e riprodotto dal Ravaisson-Mollien in:

* *Les manuscrits de Léonard de Vinci — Manuscrits F & I de la Bibliothèque de l'Institut, publiés en fac-similés phototypiques avec transcriptions littérales, traductions françaises, avant-propos et tables méthodiques, par M. CHARLES RAVAISSON-MOLLIEN. Paris, Maison Quantin, MDCCCLXXXIX „.* — Un vol. in fol.

g) Manoscritto G.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Volume in 8°, di carte 93 (originariamente di 96, essendosi perdute la 7°, 18° e 31°) — mm. 140 × 95.

Trascritto e riprodotto dal Ravaissou-Mollien in:

* Les manuscrits de Léonard de Vinci — Manuscrits *G, L & M* de la Bibliothèque de l'Institut, publiés en fac-similés phototypiques avec transcriptions littérales, traductions françaises, avant-propos et tables méthodiques, par M. CHARLES RAVAISSON-MOLLIEN. — Ouvrage couronné par l'Académie Française. Paris, Maison Quantin, MDCCCXC „. — Un vol. in fol.

h) Manoscritto H.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Volume in 16°, di carte 142, diviso in tre parti, con tre numerazioni distinte:

H 1) Carte 48, numerate 1-48; *H 2)* Carte 46, numerate 1-46; *H 3)* Carte 47, numerate 47-1; fra la 44° e 45° un foglio non numerato — mm. 104 × 72. —

Le citazioni sono fatte secondo la numerazione progressiva dell'intero codice.

Trascritto e riprodotto dal Ravaissou-Mollien in:

* Les Manuscrits de Léonard de Vinci — Manuscrits *H* de la Bibliothèque de l'Institut: Ash. 2038 et 2037 de la Bibliothèque Nationale, publiés en fac-similés phototypiques, avec transcriptions littérales, traductions françaises, avant-propos et tables méthodiques. Suivis d'un appendice contenant: Un folio redressé — Un Alphabet de l'écriture de Léonard de Vinci — Le Répertoire général de la Publication — Un essai de Chronologie des Manuscrits de Léonard de Vinci — La concordance des Biographies et des Autographes — Un abrégé bibliographique — La Conclusion, par M. CHARLES RAVAISSON-MOLLIEN. Ouvrage complet en six tomes, publié sous les auspices du Ministère de l'Instruction publique et des Beaux-arts, couronné par l'Académie Française „. — Paris, Maison Quantin, MDCCCXCI.

i) Manoscritto I.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Volume in 16°, di carte 141, già numerate in due parti: *I 1*, di carte 49, numerate da 1 a 48, segue una carta bianca; *I 2* di carte 90, numerate 2-91 segue un foglio bianco — mm. 73 × 110.

Trascritto e riprodotto dal Ravaissou-Mollien e pubblicato insieme al manoscritto *F* (vedi).

k) Manoscritto K.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Volume in 16° piccolo, di carte 128, con tre diverse numerazioni: *K 1* di carte 49, numerate 1-48, essendovi un foglio 18 *bis*; *K 2* di carte 32, e *K 3* di carte 48 — mm. 65 × 99,5.

Nel contesto è citata un'unica numerazione consecutiva quale l'ha usata il Ravaisson-Mollien che ha trascritto e riprodotto questo codice insieme al manoscritto *C* (vedi).

l) Manoscritto L.

PARIGI — *Biblioteca dell'Istituto.*

Volume in 16°, di carte 94 — mm. 75 × 100.

Fu trascritto e pubblicato dal Ravaisson-Mollien insieme al manoscritto *G* (vedi).

m) Manoscritto M.

Volume in 16° piccolo, di carte 94 — mm. 70 × 98.

Fu trascritto dal Ravaisson-Mollien e pubblicato insieme al manoscritto *G* (vedi).

n) Manoscritto 2038 (Italiano) già Ashburnham $\frac{1875}{2}$.

PARIGI — *Biblioteca Nazionale.*

Carte 34, in 4° — mm. 210 × 140.

Furon trascritte dal Ravaisson-Mollien e pubblicate insieme al manoscritto *H* (vedi).

o) Manoscritto 2037 (Italiano) già Ashburnham $\frac{1875}{1}$.

PARIGI — *Biblioteca Nazionale.*

Fascicolo di 16 carte, in 8° — mm. 220 × 160.

Fu trascritto dal Ravaisson-Mollien e pubblicato insieme al manoscritto *H* (vedi).

III.

MANOSCRITTI CONSERVATI IN INGHILTERRA.

a) Manoscritto *Br. M.*LONDRA — *British Museum.*

Volume in 8° di carte 283, in parte scritte sul recto e verso — mm. 220 × 150.

b) Manoscritto *Leic.*NORFOLK — *Biblioteca del Conte di Leicester, Holkham Hall.*

Volume di carte 32 — mm. 220 × 300.

c) Manoscritto *S. K. M. II.*LONDRA — *Kensington Museum, Forster library South.*Volume di carte 159, diviso in due parti: *S. K. M. II*¹ di carte 95; *S. K. M. II*² di carte 64, numerate da Leonardo 1-80 (mancano 28, 32-34, 38-42, 45-47, 55, 70-72) — mm. 99 × 72.**d) Manoscritto *V. An. IV.***WINDSOR — *Biblioteca Reale.*

Carte 69 sciolte — mm. 290 × 220.

e) Manoscritto *W. L.*WINDSOR — *Biblioteca Reale.*

Fogli 15, di varie dimensioni, incollati su carte di un volume.

I passi citati dai codici inglesi furono tutti estratti dalla raccolta del Richter, di cui in appresso.

IV.

RACCOLTE A STAMPA.

a) Trattato della Pittura.LEONARDO DA VINCI. *Das Buch von der Malerei*, nach dem Codex Vaticanus 1270, herausgegeben, übersetzt und erläutert von HEINRICH LUDWIG. III Band. Wien, 1882, Wilhelm Braumüller. In 16 con figure.

Nel testo è sempre citato il paragrafo corrispondente all'edizione critica del Ludwig.

b) Del moto e misura dell'acqua.

LEONARDO DA VINCI. *Del moto e misura dell'acqua* [in] *Raccolta d'Autori italiani* che trattava del moto dell'acqua. Edizione quarta arricchita di molte cose inedite e d'alcuni schiarimenti. Tomo X [pagg. 270-450]. Bologna, MDCCCXXVI. Dalla Tipografia Cardinali e Frulli, in-8° grande, pagg. VII-464, con 53 tavole in rame.

Di ogni passo è citato il libro ed il capitolo da cui fu estratto. Alcuni per altro vennero tolti da una copia manoscritta già appartenente al Principe B. Buoncompagni, ed ora al D^r Mario Cermenati, la quale porta sul primo foglio le annotazioni seguenti:

Adi 4 Maggio 1767.

Attesto io infrañto Bibliotecario degli Ill^{mi} Sig^{ri} Marchesi Niccolini di aver fedelmente copiato nel sud^o anno il presente Cod. Cart. Mss. intitolato « Della Natura, Moto e Peso dell'Acque di Leonardo da Vinci » da altra copia simile, e di averlo quindi diligentem.^o collazionato colla stessa copia.....

FR. P. GIUSEPPE BACHERINI, M^o p^o.

Questa copia a penna ha servito allo spoglio allegato alla Quinta Impressione del Vocabolario.

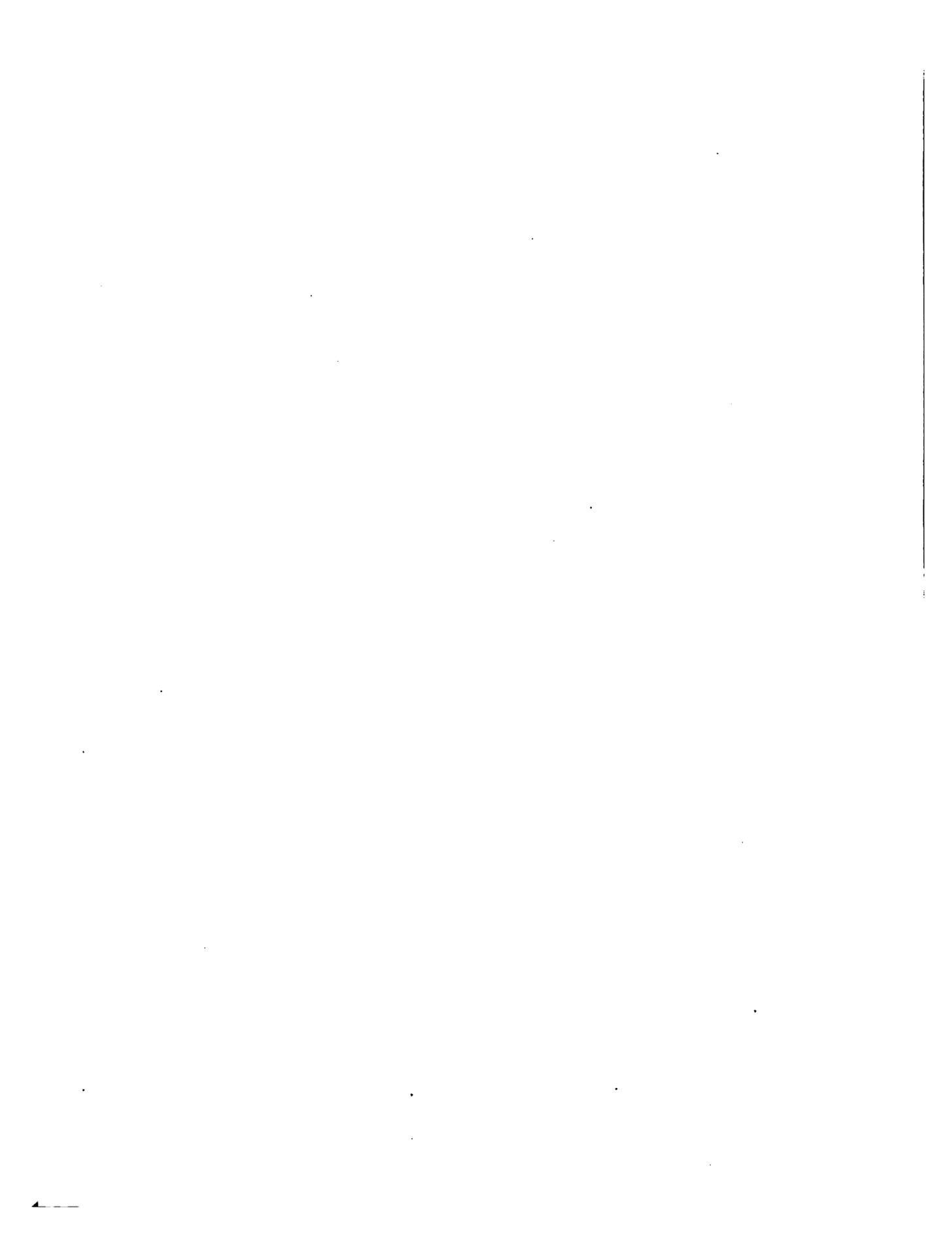
DOT. FRANCESCO FASSI, *Accad. della Crusca*.

c) Antologia del Richter.

The Literary Works of Leonardo da Vinci compiled and edited from the Original Manuscripts by JEAN PAUL RICHTER, Ph. Dr. ecc., in two volumes. London, Samson Low, Marston, Searle & Rivington, 1883, in 8° grande, con figure e tavole.

I passi estratti da questa raccolta portano la indicazione del volume e del paragrafo corrispondenti.





NOMI ED AUTORI CITATI

- Abbaco (Benedetto d') pag. 3.
Acquino (d') Maria 227.
Adda (d') Gerolamo 8, 224-25.
Agamenzone Giovanni 95.
Agricola G. 235.
Alberti (degli) il Calvo.
Alberti Leandro 147.
Alberti Leon Batta 27, 43-44, 46-47, 48, 79, 85-86, 93-95, 112, 106-8, 112, 115, 131, 138, 141, 161-62, 164-65, 174, 201, 204, 211, 227-228, 245, 284, 287.
Albertis (de) Enrico Alberto 288-289.
Alberto Magno 106, 212, 215-16, 244.
Alchino 9.
Aldovrandi 228.
Alfragano 27.
Aliplando Vincenzo 43.
Allighieri Dante 2, 19, 27, 29-30, 57-59, 62, 89, 149, 157, 174, 226.
Amboise (d') Carlo 9.
Amoretti Carlo 92-93, 119, 121-22, 288-89.
Archimede 9.
Arconati Luigi Maria 128.
Arezzo (d') Ristoro XII, 2, 7, 18-19, 25, 27, 57, 60, 78, 104-6, 115, 117-18, 156-57, 194-95, 203, 210, 212-13, 214, 223, 230, 268-69, 270-71.
Argelati Filippo 272.
Argiropulo Giovanni 3.
Aristarco da Samo 32.
Aristotele I, 26, 102-3, 138, 165, 193, 195, 212, 243.
Arrivabene F. A. 58.
Ascoli (d') Cecco 7, 27, 118, 174, 193, 214, 223-24.
Bacone 26.
Baeyer J. J. 49.
Baglivi Giorgio 236.
Baratta Mario 196-97, 199, 202.
Bartoli A. 58.
Beaumont (de) Elia 247.
Beldomandi Prosdocimo 95.
Belgioioso Carlo 307.
Bellovacense 27, 244-45.
Beltrami Luca x, 27, 152-64, 308.
Bertelli Timoteo 162.
Bessel F. G. 49.
Bidone Giorgio 126-27.
Biringuccio Vannuccio 196.
Biasiutti A. 150.
Billiet A. 201.
Boccacci Giovanni 224-27.
Boehmer 58.
Boffito Giuseppe 59.
Boito Camillo 307.
Bonincontri Lorenzo 3, 4.
Breusing A. 288-89.
Bruno Giordano 26, 33.

- Buoncompagni Baldassare 313.
 Burnes 45.
 Cabeo Nicola 165-66.
 Caboto 156.
 Calceolari Francesco 222, 228, 295.
 Calvi Gerolamo 8, 224.
 Cancani Adolfo 95.
 Capellini Giovanni 219.
 Cardano Fazio 8, 9, 11, 272.
 Cardano Gerolamo 7-11, 85, 195-96,
 218-19, 229, 236, 247-48.
 Cardinali Francesco 128.
 Cartesio Renato 113, 115.
 Cassiodoro 119.
 Castelli Benedetto 128.
 Castiglione Baldassarre 216.
 Caverni Raffaello 36.
 Celoria Giovanni 3.
 Celsius A. 247.
 Cermenati Mario 313.
 Ceruti Benedetto 235, 295.
 Chiocco Andrea 222.
 Cialdi Alessandro 168.
 Cicerone 27.
 Cieparello (da) Benedetto 3.
 Clavio Cristofaro 29.
 Clemens F. I. 33.
 Colombo Cristofaro 49, 156.
 Copernico Niccolò 32-34.
 Coronelli M. V. 198, 292.
 Crotta Salvatore 151.
 Cusa (di) Niccolò o Cusano 33-34,
 46, 93-95, 161-164.
 Cuvier Giorgio 249.
 Damian 144.
 Dati Stagio 48.
 Delambre Giovanni Batta. 49.
 Dutton 259.
 Ecfanto 32.
 Empedocle 158.
 Epicuro 12.
 Eraclite Pontico 32.
 Erodoto 162.
 Erone il Meccanico 43, 46, 281-82,
 285-86.
 Errera Carlo 144.
 Este (d') Leonello 94.
 Etmullero 236.
 Euclide 8, 11.
 Falloppio Gabriello 235.
 Fanfani Pietro 113.
 Faujas Saint Fond. B. 11, 111.
 Faye A. 49.
 Filolao 32.
 Flammarion Camillo 71.
 Foscolo Ugo 58.
 Fracastoro Gerolamo 6, 33-34, 222,
 230, 245-46, 295-96.
 Francesco I. 154.
 Fraticelli Pietro 58.
 Frisi Paolo 124.
 Frizzoni Gustavo 198.
 Gaizo (del) Modestino 24.
 Galilei Galileo 22, 36.
 Gama (da) Vasco 156.
 Gassendi Pietro 36.
 Gastaldi Bartolomeo 240.
 Gelcich Eugenio 288.
 Ghezzi Nicolò 123-24.
 Giovio Paolo 121.
 Giuliani Giambattista 58-59.
 Gobet 11, 111.
 Govi Gilberto 7, 64, 66, 307.
 Gozze (di) Vito 195.
 Grablowitz Giulio 183.
 Grimaldi Francesco Maria 199-200.
 Gualandris A. 144.
 Guglielmini Domenico 113-15.
 Harvey Guglielmo 102-3.
 Hire (de la) 116.
 Homannum J. B. 153.
 Hooke Roberto 249.
 Humboldt Alessandro 288-89.

- Imperato Ferrante 235-36.
 Issel Arturo 252.
 Kazwini Mahamed 247-48.
 Keplero Giovanni 21, 34.
 Lamberti Michele 216.
 Latini Brunetto 18, 25, 27, 56, 78,
 103-4, 117-18, 173, 193-94.
 Lavizzario Agostino 10.
 Libri Guglielmo IX, 138, 162-63,
 209, 224.
 Linneo Carlo 247.
 Lioy Paolo 295.
 Lombardini Elia 128-31, 168.
 Lombroso Cesare 10-11.
 Lucano 173.
 Lucilio 162.
 Ludwig Enrico 312.
 Macrobio 27.
 Magellano Fernando 288.
 Mancini Gerolamo 79.
 Manetti Nicola 224.
 Manilio 3, 27, 173, 245.
 Marchi (de) Luigi 259.
 Marinelli Giovanni 67.
 Marinelli Olinto 144-45.
 Mariotte 116.
 Marliani A. 9.
 Martelli Piero x.
 Marmocchi Carlo 3.
 Mattioli Andrea 235.
 Maury 188.
 Mechain 49.
 Melloni Macedonio 24.
 Mely (de) 213.
 Mercati 228, 235.
 Messaglia Benedetto 154.
 Michellino (di) Domenico 3.
 Moestlin Michele 23.
 Moncetti Giovanni Battista 58-59,
 61.
 Mongeri Giuseppe 307.
 Mongitore Antonino 237.
 Montanari Geminiano 24.
 Monti Antonio 121.
 Moore Edoardo, 2, 57-58-59.
 Moro Lodovico 10.
 Moscardi 228.
 Mosto (da) Andrea 289.
 Motta Emilio 120.
 Müntz Eugenio XII, 213-14.
 Newton Isacco 49.
 Nicolis Enrico 239.
 Novate (da) Bertola 154.
 Olivi J. B. 235.
 Ovidio 243.
 Palissy Bernardo II, III-12, 158,
 160, 229, 238.
 Pallavicino Ottaviano 43.
 Paolo III 34.
 Paravicino Pietro Paolo 119.
 Parisotti 198, 292.
 Patrizio Francesco 216-18, 220.
 Pavesi Pietro 144.
 Pecckham Giovanni 9, 272.
 Perault 116.
 Peurbark Giorgio 29.
 Picard Giovanni 49.
 Pigafetta Antonio 288-89.
 Pitagora 27, 33.
 Piumati Giovanni XI, 307.
 Platone 2, 267.
 Platone da Tivoli 162.
 Plinio 27, 103, 123-24, 149-50, 157,
 158, 243.
 Plutarco 15-16, 21-22, 27.
 Pontano Gioviano 117, 174, 243-44.
 Porzio Luca Antonio 115.
 Posidonio 15, 172-73.
 Pullè L. F. 146-47.
 Quetelet A. 51.
 Ramassini Bernardo 114.
 Ravaisson-Mollien Carlo X, 39,
 190, 308-11.

- Regiomontano (Muller) Giovanni 29.
 Renier R. 58.
 Riccioli Giovanni Battista 165.
 Richter J. P. 13, 39, 47, 93, 148, 151, 198, 221, 230, 307, 312-13.
 Riegel 153.
 Rosso Galeazzo 10.
 Rouveyre E. xi.
- Sacrobosco Giovanni 27, 29.
 Santorio Santoro, 24.
 Sarayna Torello 222, 295-96.
 Sassi G. A. 272.
 Saussure (de) Benedetto 202.
 Savasorda 162-63, 165.
 Savonarola Gerolamo 260.
 Scartazzini G. A. 58.
 Scilla Agostino 237-38.
 Schefer 198.
 Schiapparelli G. A. ix, 32, 34, 258.
 Schreibern Joh. 153.
 Schmidt 58.
 Seguenza G. 238.
 Selvatico Francesco 10.
 Seneca 27, 78, 122.
 Sermundi Gaspare 119-20.
 Settala G. 153.
 Sforza Francesco 120, 154.
 Solmi Edmondo 1.
 Stabili Francesco. Vedi Ascoli (d') Cecco.
 Stazio Papirio 162.
 Stefani (de) Carlo 149.
 Stella Augusto 85.
 Stenone Nicola 219-20.
 Stoppani Antonio 58-59, 62, 143, 228, 236.
 Strabone 26, 28-29, 138, 173, 243.
 Strozzi Giulio 216.
- Suess Ed. 230.
 Talete 26.
 Taramelli Torquato 150.
 Targioni-Tozzetti Giovanni 140-41.
 Tasso Torquato 193.
 Taverna Giovanni 9.
 Telesio Bernardino 196-97.
 Testa Domenico 124.
 Tiraboschi Girolamo 58.
 Tolomeo 49, 77.
 Tolomeo da Luca 141.
 Toni (de) Giovanni Battista 110.
 Torri 58.
 Toscanelli Paolo 3, 33-34, 39, 48, 49, 52.
 Tossignano (da) Pietro 119.
 Troya C. 58.
- Uberti (degli) Fazio 27, 216, 225-26.
 Uzielli Gustavo 3, 4, 33, 41, 45, 52, 69, 109, 123, 173, 182, 201, 262, 288-89.
- Valk Gerardo 153.
 Valle (della) Bartolomeo 154.
 Vallisnieri Antonio 115-16.
 Vasari Giorgio 3, 4, 14.
 Veneto Paolo 59.
 Venturi Giovanni Battista ix, 4-5, 43, 92-93, 95, 128, 188, 281, 285.
 Vespucci Amerigo 156.
 Villani Giovanni 254, 306.
 Visconti Filippo Maria 224.
 Vitruvio 43, 46, 106, 283, 286.
- Werner A. G. 208, 214.
 Ximenes Leonardo 49.
 Zanna (del) Pietro 226.



**This book is a preservation photocopy.
It is made in compliance with copyright law
and produced on acid-free archival
60# book weight paper
which meets the requirements of
ANSI/NISO Z39.48-1992 (permanence of paper)**

Preservation photocopying and binding

by

Acme Bookbinding

Charlestown, Massachusetts



1999





THE BORROWER WILL BE CHARGED AN OVERDUE FEE IF THIS BOOK IS NOT RETURNED TO THE LIBRARY ON OR BEFORE THE LAST DATE STAMPED BELOW. NON-RECEIPT OF OVERDUE NOTICES DOES NOT EXEMPT THE BORROWER FROM OVERDUE FEES.





3 2044 053 946 489

