

L. BOMBICCI

SULLA
COSTITUZIONE FISICA DEL GLOBO TERRESTRE
SULL' ORIGINE DELLA SUA CROSTA LITOIDE
SULLE CAUSE
DEI MOTI SISMICI CHE PIÙ FREQUENTEMENTE VI AVVENGONO

MEMORIA

letta nella Reale Accademia delle Scienze dell' Istituto di Bologna

nella Sessione del 24 Aprile 1887.

SULLA

COSTITUZIONE FISICA DEL GLOBO TERRESTRE

SULL' ORIGINE DELLA SUA CROSTA LITOIDE

SULLE CAUSE

DEI MOTI SISMICI CHE PIÙ FREQUENTEMENTE VI AVVENGONO

MEMORIA

DEL PROFESSOR LUIGI BOMBICCI



BOLOGNA

TIPOGRAFIA GAMBERINI E PARMEGGIANI

—
1887

Estratta dalla Serie IV, Tomo VIII, delle Memorie
della Reale Accademia delle Scienze dell'Istituto di Bologna
e letta nella Sessione delli 24 Aprile 1887.



Le vicende che, dalle più antiche alle più recenti età della Terra, produssero successivi e non cessati mutamenti nella distribuzione dei continenti e dei mari, provano all'evidenza che la crosta superficiale del globo, sempre si mosse; e che, perciò, verosimilmente, sempre si scosse.

Col crescere della frequenza dei terremoti e della gravità dei danni che ne derivano, cresce anche il numero delle teorie sulle cause dei fenomeni tutti pei quali il suolo improvvisamente sussulta ed oscilla; ed al pari delle teorie sulla provenienza delle meteoriti, esse procedono, quasi direbbesi *ascendendo*, dal centro della Terra ai centri della Luna e del Sole. Pare che esse vogliano trovar colassù il punto di partenza delle rispettive loro investigazioni, o il punto d'appoggio delle loro conclusioni rispettive.

Se non che, mentre la teoria generale dell'origine delle meteoriti, lasciandosi addietro la Terra e spingendosi nello spazio stellare, si è avvicinata viemaggiormente al vero, le idee, invece, sulle cause massime dei terremoti se proseguissero a trasferirsi, senza speciali riserve, dal pianeta al satellite e da questo alla stella, perderebbero, *col perder terreno*, preziosi e sicuri appoggi pel loro svolgimento.

Non pretendo di sostenere, adesso, teorie novissime sui terremoti; nemmeno di formulare spiegazioni speciali per quelli del litorale ligure. Intendo solamente di aggiungere nuove considerazioni in appoggio delle idee che nell'occasione dei terremoti di Forlì e di Bologna ebbi già occasione di esporre, e che mi pajono confermate dai recentissimi avvenimenti; e di presentare alcune nuove idee sulla fisica costituzione del globo terrestre.

Sono spinto a questo, dal desiderio di aprire ad altri una nuova via di ricerche,

di esperimenti, di calcoli, che a me sarebbe ormai impossibile di percorrere efficacemente.

Confesso che farò poco conto delle innumerevoli descrizioni di terremoti, delle infinite osservazioni sperimentali, e delle pullulanti ipotesi che si vanno raccogliendo e discutendo da decenni, e tuttodì, dai sismologi, astronomi, geologi e meteorologisti.

Troppe mi appariscono, in tal campo di studj, le incertezze via via rinascenti; le contraddizioni flagranti; le inesattezze dei dati, l'arbitrarietà degli apprezzamenti e i grossolani spropositi; e troppo frequenti sono le esagerazioni nel racconto, le teorie basate sopra accidentali coincidenze, le profezie azzardose o ciarlatanesche.

Mentre, infatti, da una gran parte dei geologi, fra i quali in prima fila i geologi italiani, vedesi nel terremoto un effetto di cause endogene, eccitate e provocate dall'acqua, penetrante nelle profondità del sottosuolo — detonazioni di gas ed esplosioni di vapori —, sonovi astronomi che fanno dipendere i terremoti dagl'flussi di Nettuno e di Giove; altri da quelli delle macchie solari; sebbene gli uni trovino che il massimo di queste macchie coincide col massimo delle scosse e gli altri, invece, che coincide col minimo. Avvi chi riferisce il massimo numero dei terremoti all'epoca degli equinozi, chi a quella dei solstizî; avvi chi chiama in causa le correnti elettriche e chi i disequilibri magnetici; chi i sotterranei frangimenti, e chi il batter che fa sulle coste marine l'onda di marea; si è pensato alle maree sotterranee di lave, qualificate *bollenti*, e ai *galleggiamenti di rottami della crosta terrestre* sul famoso oceano di fuoco; molti oggigiorno dànno grande importanza alle attrazioni della Luna e del Sole; alle epoche delle maree, alle coincidenze degli eclissi di Sole, specialmente se annulari, sospettati fautori, *ma agli antipodi*, di scosse di terremoto.

Se si osserva il barometro quando avvengono le scosse, vedesi alzarsene la colonna in moltissimi casi; ma in quasi altrettanti vedesi quella colonna discendere; in altri restare stazionaria. Se si vuol valutare la velocità di trasmissione del moto sismico, ci si para dinanzi la difficoltà enorme — per la imprevedibilità dell'avvenimento — di aver date le indicazioni del tempo da molti orologi *i quali sieno tutti perfettamente registrati*, in accordo completo ed in posizioni fra loro lontane; d'altronde, essa velocità, preziosissimo dato per concluder qualcosa di positivo, varia col variare per lo più ignoto della direzione, della struttura, della conformazione e della natura mineralogica delle masse cristalline o stratificate del sottosuolo. Si investigano assiduamente le profondità con i microfoni, per conoscerne i moti *microsismici*; ed i microfoni narreranno pure, fedelmente all'osservatore, i tremoti endogeni del terreno, i moti per disequilibrio termico delle rocce, le vibrazioni per esplosioni lontane di gas, per impeti di acque soprariscaldate e di vapori, per circolazioni di acque minerali, per contrazioni e spezzature di strati, per crollamenti di masse; ma avvisano similmente gli scoppi di mine, le folgorazioni temporalesche, i passaggi di treni ferroviarii, o di carri di artiglierie, anche a distanza; e così gli urti di onde, i rotolii torrenziali e via dicendo.

Eppoi, qual grado hanno le profondità che si esplorano?

Esse rappresentano a mala pena una minima e insignificante frazione della presunta grossezza della scorza del globo. Poche centinaia di metri dove occorrebbero molte decine di chilometri, se fosse possibile!

Finalmente, si capisce bene da tutti come e quanto le personali attitudini di osservazione, e di apprezzamenti comparativi, sogliono esser compromesse dalla paura o dal turbamento istantaneo o dall'eccitamento nervoso, nei momenti più preziosi per la storia sismica; i momenti delle scosse. La posizione delle persone nelle case o fuori; ai primi o agli ultimi piani, o giù nelle miniere, o in alto sulle torri; la stabilità ed elasticità relativa delle abitazioni, l'orientazione dei locali dove si osserva per descrivere, e cento altre particolarità, implicano altrettante cause di errori, tolgono inevitabilmente ogni valore scientifico al maggior numero delle osservazioni che si registrano.

In conclusione, siamo tuttora condannati alle ipotesi.

Eccomi perciò completamente in regola venendo a dire di altre ipotesi nuove; le quali — per quanto a me sembra — possono spiegare il numero massimo di fatti, presentandosi corredate di importanti e favorevoli analogie.

Eccone il riassunto:

A - I TRATTI CARATTERISTICI DELLA FASE ANTICA E INIZIALE DI GENESI DEL GLOBO TERRESTRE POSSONO STUDIARSI NELLA FASE ODIERNA DI ATTIVITÀ E DI EVOLUZIONE CHE È DOMINANTE NEL SOLE.

B - LA MASSA SFERICA DEL GLOBO DEVE ESSERE ESSENZIALMENTE METALLICA.

C - ESSA DEVE ESSERE STATA SEDE DI LIQUAZIONI CLASSIFICATRICI DEI METALLI E DELLE LORO LEGHE, SECONDO LE RISPETTIVE DENSITÀ.

D - ESSA DEVE AVERE ASSORBITI VOLUMI ENORMI DI GAS, PROBABILMENTE IDROGENO, PRIMA DI CUOPRIRSI CON UNA CROSTA LITOIDEA.

E - CESSATA LA FASE DI INIZIALE CONDENSAZIONE METALLICA E COMINCIATO IL RAFFREDDAMENTO, ENORMI VOLUMI DI IDROGENO DEBBONO ESSERSI SPRIGIONATI DALLA SFERA TERRESTRE. TUTTODÌ PUÒ CONTINUARSI, MA CON DECRESCENTE INTENSITÀ, TALE FENOMENO.

F - LA CROSTA, O INVOLUCRO ESTERNO DEL GLOBO, NON SI PRODUSSE SOLO PER PROGRESSIVO RAFFREDDAMENTO; BENSÌ PER LA OSSIDAZIONE E SALIFICAZIONE DELLA SUPERFICIE METALLICA, IN CONTATTO DEI METALLOIDI (PRIMO L'OSSIGENO), DELLA PREESISTENTE FOTOSFERA. QUINDI, PROBABILE INVECE, NELL'ATTO DELLA SUA GENESI, UN FORTE RIALZO DI CALORE.

G - L'IDROGENO CHE SI SVOLSE E SI SVOLGE, E LE ATTIVITÀ CHIMICHE E FISICHE CHE POSSON DERIVARNE, NELLE GRANDI PROFONDITÀ DEL SUOLO, ENTRANO COME FATTORI DI PRIMO ORDINE, NELLA STORIA SISMICA DELLA TERRA.

PARTE PRIMA

Note sulle più comuni e diffuse idee circa la costituzione fisica e chimica del globo terrestre.

Non ricordo veruna ipotesi moderna, ben formulata e discussa sulla natura mineralogica e sulla struttura fisica della sfera terrestre.

Si vanno coordinando facilmente colla teoria di Laplace le mere supposizioni dell'enorme calore centrale e della centrale liquidità ignea del pianeta; si fantastica sulle tempeste di un oceano di fuoco, sulle maree endogene di siffatto oceano; e si premiano, nelle esposizioni nazionali, le carte murali per le scuole dove vedesi dipinta la materia interna, sottostante alla crosta superficiale del globo, iniettantesi fluente e rovente nei crateri vulcanici, per uscirne fuori addirittura sotto forma di lava!

Pel maggior numero dei geologi, la sostanza del globo è *sostanza litoide*; corrispondente a quella delle lave e delle rocce eruttive cristalline!!

Nelle sue conferenze sulle *Commozioni telluriche e il terremoto* (Torino, 1887), il Prof. Uzielli riassume così le tre ipotesi che crede possano farsi sullo stato fisico della materia interna della Terra:

- 1^a *Che la terra sia nell'interno liquida con una sottile crosta superficiale;*
- 2^a *Che vi sia un nucleo solido, ed una superficie solida, separati da uno strato liquido continuo;*
- 3^a *Che vi sieno plaghe liquide disgiunte fra loro, e che possano anzi essere talora alternativamente solide, liquide e gazoze.*

L'autore francamente si pronuncia a favore della terza. Esclude anzi con notevoli argomenti la possibilità che la terra abbia sulla massa liquida interna una crosta *sottile* „ prodotta dalla solidificazione della superficie „.

Per mio conto, non potendo nè volendo negare che nelle parti centrali del globo siavi un altissimo grado di calore, son tuttavia costretto a rifiutar subito l'ipotesi che la massa totale del globo sia pietrosa, e che a grandi o centrali profondità siavi granito liquefatto, sienvi rocce ignee come lave di vulcani, in istato di fusione.

Mi par che basti di notare che quasi tutte le rocce cristalline note sono in gran parte *metamorfiche, idratate ed acquifere*; che di sovente fanno passaggio

mineralogico e strutturale ad altre palesemente fossilifere. Inoltre che la densità del globo implica l'esistenza nelle regioni del centro di materiali *assai più pesanti* di quelli che prevalgono all'esterno, con una media densità di 2...3. I silicati cristallini di quelle rocce mai si formano per via di *reale fusione*, o senza un veicolo *che funzionando da fondente*, ne costituisca un solvente provvisorio od ausiliario alla formazione dei cristalli.

Una fusione ignea di silicati, quale dovrebbe idearsi alle supposte temperature della massa del globo, nei suoi primordi, non potrebbe produrre che la vetrificazione assoluta dei silicati fissi, ossia un materiale vetroso o smaltoide, o perlitico, analogo all'ossidiana, in tutta la parte consolidantesi della Terra. Ma, qualora io mi trovi costretto ad ammetter fusa la materia del globo, preferisco di figurarmi un pianeta di metallo anzichè di vetro o di porcellana.

Due ultime considerazioni:

Fermo nel mio concetto che formulo così: „ ciò che dicesi — la crosta terrestre — deve essere il portato necessario e diretto del superficiale *arrugginimento* di una massa di metalli, avvolta da un'atmosfera di metalloidi „, ricuso l'idea di un polviscolo meteorico, *già ossidato e idratato*, concorrente a formare la sostanza del globo. E persuaso che la maggior parte degli strati di origine sedimentaria che si trovano piegati, con curvature a brevissimo raggio, non debbono la loro *apparente flessibilità* o plasticità ad un rammollimento della loro sostanza per opera simultanea dell'acqua e di fortissimo calore, ciò che pare invece possibile a varj scrittori di geologia, osservo che tanto gli schisti cristallini, quanto gli argilloschisti, le ftaniti ecc., rocce feraci dei migliori esempj delle dette curvature, rivelan *sempre* all'indagine attenta, sia nella loro massa in posto, sia nelle loro laminette sottili da microscopio, una quantità di screpolature per lo più finissime; le quali divergono sempre dal centro di curvatura e sono risaldate solitamente da filtrazioni consecutive e da un cemento dato dalla loro stessa sostanza, o da sostanze avventizie.

Ed ora svolgerò la mia tesi.

NELLA RICERCA DELLE ANTICHE FASI DI GENESI DEL GLOBO TERRESTRE, È COSA RAGIONEVOLLE IL TENER CONTO DEI FENOMENI CARATTERISTICI DELLA FASE ATTUALE DEL SOLE.

Mai ho studiato direttamente il Sole.

Stando peraltro a ciò che la scienza contemporanea va registrando per comporre la sublime monografia del sistema planetario nostro, ammetto per vero che il globo del Sole sia assai meno caldo della fulgida fotosfera che lo avvolge; che da esso globo si sprigionino torrenti immensi di gas i quali, squarciando la fotosfera luminosa, lascian travedere per trasparenza la superficie più oscura del globo condensato, ma privo di crosta non peranco formatasi. Credo che il gas di quei

torrenti sia combustibile, come lo è l'idrogeno, anzi mi par naturale di crederlo idrogeno puro. Così le facole sarebber prodotte dalla parziale sua combustione coll'ossigeno, o con altro gas comburente, della fotosfera più esterna, ovvero da proiezioni della materia incandescente della corona o della fotosfera, operate dai suoi getti enormi. Mi pare possibile che questi fenomeni contribuiscano a mantener alta la temperatura dell'astro, perdurando in tale ufficio fintantochè le ossidazioni e solidificazioni dei metalli della massa solare ancor rarefatta o fusa non ne avranno incrostata la superficie con grossi strati di composti litoidi con un involucro simile a quello che incrosta e quasi protegge la massa condensata della Terra.

Più che ci penso e più mi par logico che nelle fasi odierne del Sole si debba leggere l'indole di quelle, ormai remote per il nostro modo di valutare i tempi, che percorse pure la Terra.

Riflettiamo pertanto a questo dato di fatto: i gas, e in modo singolare l'idrogeno, se impetuosamente si svolgono da materie in via di raffreddamento, lo fanno soltanto in seguito a previo assorbimento operato dalle materie istesse; vale a dire per una dissoluzione che può consistere in una vera liquefazione per influsso molecolare.

Pertanto, nel mondo inorganico, i corpi che più di tutti sono atti a condensare grandissimi volumi gassosi, ed in sommo grado d'Idrogeno, sono i metalli liquefatti, o in determinate condizioni di porosità.

Le eruzioni violenti d'idrogeno puro dal globo interno del Sole che sembrano provate da spettroscopi e da telescopi, da eliografie di eclissi annulari e via dicendo, possono perciò valere come prove attendibili della natura metallica di esso globo, d'accordo con i responsi dell'analisi spettrale.

Ma se l'indagine spettrale ci assicura che i torrenti di gas erompenti dalla massa del Sole con sprazzi alti fino a 100,000 chilometri sono a base d'idrogeno, se ci rivela abbondanti su questa massa i vapori di ferro e di magnesio (metalli pur dominanti nelle meteoriti e nelle rocce ignee primitive terrestri), con i vapori di tanti altri diversi metalli, come negare la natura metallica del nucleo condensato di quell'astro?

E se tale è il nucleo del Sole, perchè non dovrebbero riguardare sostanzialmente simile, anzi identico, quello della Terra, che generata del Sole, è frazione della sua sostanza, ed è precorritrice, per sola ragione di più piccola mole, delle sue evoluzioni e dei suoi futuri destini?

Questi sprazzi di luce di verità, sul grande fenomeno della costituzione originaria dei pianeti, emananti così dal nostro Sole, mi paiono altrettanto preziosi e fecondi per lo svolgimento della scienza, quanto i suoi raggi di calore e di luce lo sono per l'evoluzione dei fenomeni tutti, fisici o vitali, del mondo.

LA MASSA SFERICA INTERNA DEL GLOBO PUÒ CREDERSI COMPOSTA PREVALENTEMENTE, SE NON ESCLUSIVAMENTE, DI MATERIA METALLICA.

Ciò che precede come semplice ricordo sulla fisica costituzione del Sole, può giustificare adunque, e presentare logica e naturale l'idea preconcepta che anche la sostanza del globo terrestre sia fatta di metalli liberi in parte, ed in parte mescolati fra loro, o in leghe di diversa specie.

Altri argomenti che direttamente emergono dalla storia fisica del globo possono confortare questo concetto, aiutandoci a risolvere uno dei più importanti problemi che si sia proposti l'umana intelligenza.

Tutto ciò che sorge dalle massime profondità, per via di fenomeni filoniani, è a base di metalli.

È dalle rocce più profonde e antiche, da quelle che raramente giunsero a limitati affioramenti, che derivano i metalli meno ossidabili e più pesanti.

Nella crosta terrestre stanno ossidati e salificati secondo le formule più complesse, i metalli più atti a combinarsi con i metalloidi, e più leggeri, più volatilizabili. È universalmente noto che la media densità del globo implica l'esistenza di un nucleo di materie assai più pesanti di quelle della crosta esteriore; ed aventi quali si riscontrano unicamente fra i metalli, almeno 10 di p. specifico medio.

Corpi ancora più pesanti posson coesistere al centro; ma sempre veri metalli; e nelle aree periferiche, o via via più superficiali, debbono trovarsi, invece, i metalli più leggeri ed altresì fusibilissimi, sempre disposti ad una pronta ossidazione, quali sono appunto i metalli detti *terrosi*, *terroso-alkalini* ed *alkalini*, predominanti in tutti gli ossidi e in tutti i silicati della crosta del globo esplorata da noi.

Anche il magnetismo polare del pianeta; anche le masse di ferro nativo nella nordica plaga dell'isola Disco in Groenlandia; anche le grandi quantità di ferro ossidato, idratato, solforato, ecc. che l'idrotermalità nella crosta terrestre e i fenomeni filoniani, traggono dalle regioni profonde, adunandoli nelle rocce metamorfiche e sedimentarie esterne, danno un carattere di somma naturalezza, di alta profondità, se non di certezza assoluta e scientifica, alla espressa idea. Può citarsi ancora la natura delle meteoriti, le cui collezioni ci fanno toccar con mano masse metalliche e masse litoidi sempre ferrifere (1) che rispettivamente sono nuclei e croste di asteroidi.

(1) Del fatto notevolissimo che il ferro nativo è il solo metallo portato in terra, in relativa copia o con assoluta preponderanza, dalle meteoriti, ho ripetutamente proposta una semplicissima spiegazione. — Sto ripigliando adesso questo soggetto di studio.

Ammettiamo per un istante come buona, tale idea; e vediamo quali deduzioni a rigore di logica conviene di trarne; vediamo se queste deduzioni concordano, o no, con i fatti noti della fisica del mondo, e se armonizzano, o no, colle teorie geologiche più convincenti e avvalorate da dati sperimentali.

UN PROCESSO DI LIQUAZIONE DOVETTE PRESIDERE ALLA DISTRIBUZIONE DEI METALLI NELLA SFERA CENTRALE, IN RAGIONE DELLE RISPETTIVE DENSITÀ; QUINDI — PUR TENENDO CONTO DELLA FORZA CENTRIFUGA — IN ORDINE DI DENSITÀ DECRESCENTE A PARTIRE DAL CENTRO. POSSIBILI, DIVERSE MANIERE DI MISCELE E DI LEGHE, E DI CONTINUE MA LOCALIZZATISSIME SOSTITUZIONI.

Se la sfera iniziale terrestre si costituì essenzialmente metallica, restando i metalloidi gassosi, o vaporosi, (Ossigeno, Azoto, Cloro, Fluorio, Solfo ecc.) nella preesistente fotosfera, dovette formarsi nel magma di metalli differentissimi un gran numero di miscele e di leghe. Peraltro i metalli men facili a far lega, il platino per esempio ed il ferro; come pure i metalli molto pesanti o molto leggeri, (tipo oro, e tipo potassio) dovevano sottostare ad una necessità di separazione gli uni dagli altri, in ragione delle differenti densità.

Ce ne dà la certezza qualunque caso di fusione di leghe e di miscele metalliche con metalli di diverso peso specifico; sia nelle comuni officine, sia nelle fonderie di grande portata. In conseguenza, un vasto e grandioso processo di *liquazione*.

La forza centrifuga, sviluppata dalla rotazione terrestre, non doveva impedire il fatto; sia per esser sempre meno sensibile verso il centro; sia perchè tutto ci dimostra che la gravità è in tali ordini di fatti preponderante.

Se nessun altro metallo, oltre i 55 già conosciuti a tutt'oggi, intervenisse a comporre la sfera interna della terra, si potrebbe azzardare un disegno schematico della classificazione immaginaria dei metalli di questa sfera, e rappresentarvi ancora la formazione primordiale della crosta terrestre. (Vedi Tavola unica).

UN ATTIVISSIMO ASSORBIMENTO DI GAS E SPECIALMENTE D'IDROGENO PUÒ ESSERSI PRODOTTO NELLA MASSA SFERICA DEL GLOBO, SUPPOSTA METALLICA, NELLA SUA FASE DI INCIPIENTE CONDENSAZIONE, PRIMA CHE SI FORMASSE LA CROSTA SUPERFICIALE. I VOLUMI ASSORBITI DEBONO ESSERE STATI ASSAI PIÙ GRANDI DI QUELLO DELLA MASSA ASSORBENTE.

L'ATMOSFERA ATTUALE SAREBBE IL RESIDUO DELLA FOTOSFERA PREESISTENTE.

QUASI TUTTO L'AZOTO SAREBBEVI RIMASTO, IN RAGIONE DELLA INERZIA CHIMICA CHE LO CARATTERIZZA; LA QUANTITÀ RELATIVAMENTE PICCOLISSIMA DELL'OSSIGENO SAREBBE L'AVANZO DELLE AVVENUTE OSSIDAZIONI, SIA DEI METALLI PIÙ OSSIDABILI, LEGGERI E SUPERFICIALI; SIA DELLA QUANTITÀ ENORME DI IDROGENO CHE LA PROGRESSIVA CONDENSAZIONE DEL GLOBO, ANDAVA RESITUENDO, COME AVVIENE NEL SOLE, ALLO STATO LIBERO, O STATO NASCENTE.

Queste proposizioni naturalmente decorrono dalla ipotesi prima, che cioè il globo terrestre sia un globo metallico.

Ed invero, ogniqualvolta ammettasi: 1° che la massa del globo sia metallica; 2° che altissima sia stata la temperatura iniziale; 3° che una prima fase di condensazione progressiva abbia predisposto lo stato liquido dei metalli, poco a poco prodottosi; ed ogni qualvolta non si neghi una correlazione intima, ed una rassomiglianza di processo formativo, fra i pianeti ed il Sole, ci troviamo costretti ad ammettere che i metalli del pianeta, al pari di quelli del Sole, diano luogo a tutti quei fenomeni di assorbimento di gas e di sprigionamenti gassosi consecutivi, con altri concomitanti, i quali nel Sole costituiscono un così attraente e risplendente soggetto di studio.

Ed allora, le analogie, e le cognizioni già acquistate in via sperimentale, sul modo di comportarsi dei metalli fusi, in presenza di taluni metalloidi gassosi, o dell'idrogeno puro, per le attività di assorbimento e di sprigionamento consecutivo c'impingono di trovar naturali queste ulteriori proposizioni:

DALLA MASSA METALLICA, INTERNA DEL GLOBO, DEVE ESSERSI SPRIGIONATA, MENTRE QUESTO CONDENSAVASI, UNA QUANTITÀ ENORME DI GAS, PROBABILMENTE IDROGENO. POSSONO TUTTODÌ SVOLGERSENE ALTRE QUANTITÀ, MA DECRESCENTI, E IMMEDIATAMENTE IMPEGNATE IN REAZIONI CHIMICHE DIFFICILI A SPECIFICARSI.

Se il fenomeno, così ideato, si avverò e se perdura, può dirsi certo che una gran parte dell'idrogeno svoltosi, dopo che sulla superficie della sfera metallica si era distesa e ingrossata la crosta pietrosa e *porosa* delle rocce cristalline, deve esser rimasta chiusa e diffusa nelle più basse e più assorbenti regioni della crosta medesima.

Peraltro, quest'idrogeno non vi resterebbe inerte; la sua condizione di libertà atomica o di stato nascente e le condizioni di temperatura e di pressione degli ossidi metallici, delle diffusioni carboniose negli adunamenti ferrei, con cui esso sarebbe normalmente in contatto, implicano produzione continua di acqua, di idrocarburi, di gas sulfidrico, di metalli ridotti, o indotti in sempre nuove combinazioni binarie o saline.

Eccoci in presenza di un nuovo quesito. — Non potrebbe, forse, una parte notevole dell'acqua che *lavora* nelle più profonde viscere del sottosuolo, essersi generata per parte dell'idrogeno che si sprigiona dai metalli del nucleo, e dello ossigeno degli ossidi che esso va riducendo?

In tal caso, considerando la regione, più o meno profonda, dove l'acqua così prodottasi agirebbe come solvente e come sede di energie chimiche e dinamiche ad altissimo coefficiente, riesce facile il farsi idea di una continua ed imponente

attività di dissoluzioni, idratazioni e cristallizzazioni regionali. I meravigliosi metamorfismi litologici, le varietà strutturali più singolari e misteriose, troverebbero ivi le loro ragioni di produzione; ivi sarebbe il preparativo perenne dei fenomeni, assai più superficiali ma tuttavia subordinati, della vulcanicità e della idrotermalità multiforme; ivi pure sarebbe il laboratorio di quei *fanghi acquosi e cristallini* che sono le lave delle innumerevoli eruzioni, in un colle rocce granitiche e porfiriche degli innumerevoli sollevamenti della superficie terrestre.

Mi pare che in quest'ordine di idee riesca meno difficile a intendersi la quasi costante presenza dell'acqua nelle rocce cristalline, eruttive, della più antica e più profonda origine che sia dato d'immaginare; i cristalli acquiferi che vi stanno diffusi; e le emanazioni metallifere, di cloruri, fluoruri, solfuri ed analoghi, di diversissimi radicali metallici, inerenti alle attività ed alle formazioni filoniane.

Qui sarebbe opportuno toccare l'argomento massimo, della fisica terrestre; quello della *temperatura probabile*, a partir dallo strato di temperie costante e procedendo verso le regioni centrali del pianeta.

Preferisco di chiamarlo in questione, dopo di aver detto una parola dell'altro grande argomento, che è il vero soggetto della mia tesi, quello cioè dell'origine, quale io la concepisco, della crosta pietrosa, solida, poligenica e polimorfa della sfera terrestre.

Ecco alcune idee riguardo a questo sommo problema :

LA CROSTA TERRESTRE, SOLIDO E PIETROSO INVOLUCRO DI TUTTA LA MASSA CENTRALE, SUPPOSTA METALLICA, NON DEVE CREDERSI EFFETTO IMMEDIATO E SEMPLICE DEL RAFFREDDAMENTO PROGRESSIVO.

INVECE, DEVE RAVVISARSI PRODOTTA DA PROPORZIONATE OSSIDAZIONI, E DA SALIFICAZIONI DEI METALLI PIÙ SUPERFICIALI PERCHÈ PIÙ LEGGERI E PIÙ OSSIDABILI, OPERATE SOPRATTUTTO DALL'OSSIGENO E DAGLI ALTRI METALLOIDI MINERALIZZATORI ENERGI CI DELLA PREESISTENTE FOTOSFERA TERRESTRE.

Fra le due maniere ora indicate d'intender l'origine della solidità e della litogenesi superficiale del globo è evidentissima una differenza assoluta.

Nel primo concetto, quello della consolidazione per semplice raffreddamento, tal quale trovasi indicato da tutti, accolto dalla geologia passata e contemporanea, divulgato nelle scuole e riprodotto nelle opere di alta scienza come in quelle di insegnamento elementare, la crosta terrestre sarebbe una patina, *coagulata* rappigliatasi per indurimento superficiale, mantenendo la sua natura chimico-minera-

logica affatto identica a quella di tutto il resto della massa interna che avvolge e nasconde. (1)

Essa sarebbe il portato semplice ed esclusivo del raffreddamento progressivo, per irradiazione di calore verso lo spazio.

Essa sarebbe l'effetto puramente fisico delle coesioni di diverso grado e modo di molecole già inizialmente costitutesi, lo sarebbe delle cristallizzazioni per via ignea o idrotermica dei composti definiti, ossia tali da possedere all'esterno ed all'interno del globo eguali o simili composizioni molecolari.

È inconcepibile come possa essersi concepita una dottrina così contraria alle nozioni fondamentali sullo stato fisico della materia, ed alle proprietà dei cristalli.

Questa teoria ha condotto taluni geologi a credere che la crosta terrestre sia una pellicola esilissima formata sulla superficie di un *magma* di rocce laviche liquefatte; ed altri geologi a trovar possibile che tutto il globo invece si sia solidificato ad un tratto a cominciare dal centro; ha fatto parer applicabile anche alle massime profondità la legge del Cordier, che ormai tutti sanno non potersi applicare rigorosamente nemmeno a profondità minori di un chilometro, sotto il limite delle temperature costanti (2); ha indotto lo stesso Cordier a giudicare di circa 300 chilometri lo spessore della crosta solida, che l'Hopkins indica invece di 1600 chilometri, mentre il Poisson conclude che il centro o nucleo si sia solidificato prima della superficie, e mentre il Liais ritiene tutta solida la mole del pianeta; questa teoria fa sì che taluno fra i recentissimi scrittori di sismologia non veda impossibile che la massa terrestre si sia congelata istantaneamente, e suggerisca l'idea che a mediocri profondità, di circa $\frac{1}{6}$ del suo raggio vi sia un così esorbitante grado di calore da volatilizzarne le sostanze più refrattarie e da fare irriducibili ad altro stato fisico i gas derivanti da queste, sebben compressi con migliaia di atmosfere. (3)

Invece, nel secondo modo di intendere il fatto, non si fa che ravvisare, nella formazione dell'involucro esteriore del globo l'identico processo col quale tuttodì vediamo formarsi sui metalli (classicamente sul ferro), un involucro esterno di

(1) Sarebbe dunque paragonabile alle croste che si formano nei crogiuoli sulle masse liquefatte di una qualunque materia fusibile, litargirio o piombo, salmarino o borace, solfo o bismuto, stearina o colofonia.

(2) Bastano ad infirmar la legge di Cordier le osservazioni fatte dal Prof. Mohr di Berlino nel pozzo di Sperenberg, profondo 1330 metri. Da quelle osservazioni il Mohr fu condotto a credere che la temperie interna della crosta terrestre va aumentando fino a 1700 metri di crescente profondità; che verso i 4500 m. essa diviene stazionaria; e che la causa diretta dell'accrescimento di calore *deve risiedere negli strati superiori della massa terrestre.*

(3) V. Articolo del chiar. Prof. P. Bertelli, *La Nazione*, 9 Marzo 1887.

ossido ; ovvero il processo delle più notevoli epigenie sui cristalli ; analogo, ma più istruttivo perchè più rassomigliante, col quale un globulo di metallo alcalino, o alcalino-terroso, rivestesi nell'aria di una pellicola bianca per ossidazione.

Il prodursi in tal guisa delle croste o pellicole ossidate superficiali è più rapido e vivido, naturalmente, nell'ossigeno puro ; e nell'ossigeno sovrabbondante, se non chimicamente puro, dovette pur trovarsi, caldissima e dispostissima all'ossidazione superficiale sua, la sfera planetaria, in via di raffreddamento.

Se non che appena la patina già satura di ossigeno si fa continua ; appena divien valevole a chiudere ogni adito all'energico mineralizzatore, verso il magma di metalli, l'ossidazione si arresta ; e come si arresta nelle sferette di magnesio o nelle masse fuse di zinco in talune esperienze di laboratorio, così *deve assolutamente* essersi arrestata nella sfera terrestre, piccolo globuletto metallico, nel laboratorio dei fenomeni cosmici del nostro sistema.

Il processo già citato di liquazione, implica l'immergersi dei metalli più densi o pesanti, e delle leghe più pesanti e più stabili verso le regioni centrali ; quindi il sollevarsi verso la periferia di leghe e di metalli più leggeri. Questo processo può spiegare i fatti seguenti : i silicati di potassio, di sodio, di calcio, di magnesio, di alluminio, e anche quelli di ferro, sono gli assoluti costruttori delle masse cristalline litoidi della crosta mondiale ; i sali di bario e di stronzio sono per lo più di origine filoniana o idrotermale ; sono rarissimi e scarsi, sebben geograficamente assai diffusi, i minerali ossidati di tungsteno, tantalio, colombio, e di origine pure filoniana, quelli di piombo, di rame, di bismuto, di nichel, di cobalto, e di altri metalli di densità ragguardevole ; infine, trovasi quasi sempre allo stato nativo l'oro metallico, e in rocce antichissime, in filoni di puro quarzo (ossidazione esuberantemente prodottasi dei vapori di silicio e di boro, al cominciare della genesi della crosta superficiale), o in qualche pirite ; mentre rarissimo, e solo nelle primordiali serpentine, solo nelle prime scorie del globo, il platino nativo.

Al suo stato embrionale la Terra fu un piccolo Sole ; ebbe senza dubbio un volume moltissime volte più grande dell'attuale. Irradiò luce e calore come vera stella ; poi, poco a poco addensandosi, divenendo piccola e pesante, fu campo di quell'energia di gravità che tuttodì vi regna, e tuttodì presiede ai più espressivi fenomeni della sua storia. La gravità agì sulle molecole più specificamente pesanti, via via che si costituivano in quella rarefattissima frazione della materia del Sole ; perciò sulle molecole metalliche.

L' idrogeno, *metallico esso pure*, si disciolse, per affinità, nei metalli appena adunatis sfericamente; l'ossigeno restò libero (o dissociato), ma per precipitarsi alla sua volta sul grande adunamento di atomi a ciò predisposti, e con immensa energia di chimiche combinazioni.

Dopo di che è superfluo l' ideare lo special modo di comportarsi di tutti gli elementi, di secondaria importanza.

Finalmente, affronterò il problema della interna temperatura del globo. Non certamente per tentar di risolverlo, nè per dar cifre ipotetiche che vi si riferiscano; soltanto, per coordinarne gli elementi principalissimi alle precedenti considerazioni.

L' illustre sismologo Prof. P. Timoteo Bertelli, nella sua interessantissima Memoria intitolata: „ Delle cause probabili del vulcanismo presente e antico della Terra „, inserita nel Bollettino mensile della Società Meteorologica Italiana, e riassunta in un articolo del 9 Marzo p. d. nel giornale *La Nazione*, ammette probabile che entro il globo, ed a profondità „ forse minori di $\frac{1}{6}$ del raggio terrestre „, sussista una temperatura propria e originaria del pianeta, tanto elevata da risolvere nei loro elementi gassosi le materie anche le più refrattarie.

Io non posso adattarmi ad un tale concetto.

La mia ipotesi esclude la possibilità della esistenza, nella massa centrale della terra, di sostanze composte refrattarie, quali le conosciamo diffuse nella scorza superficiale, a base di allumina, di magnesia, di calce, di stronziana, di barite, con silice e via dicendo, e che bene spesso sperimentiamo infusibili e fisse alle massime temperature *realizzate* da noi.

L' illustre Autore prosegue dicendo „ a cotesta elevatissima temperatura i gas diventano incoercibili, irriducibili ad altro stato fisico, anche a pressioni di migliaia di atmosfere quindi presentano una resistenza maggiore ancora che non hanno per noi le rocce più compatte. „

Vorrei giungere a farmi un chiaro concetto dello stato fisico che potrebbe conseguire un gas, e delle energie di cui potrebbe farsi capace, ogni qual volta venisse scaldato ad una temperatura atta a gassificare le materie refrattarie, col concorso di enormissime pressioni; ma non ci riesco. Mi avvedo solamente di questo: che se accogliessi come rispondente al vero l' ipotesi delle grandi quantità di gas, tuttodì immensamente scaldate e smisuratamente compresse, fino ai limiti delle orcite volatilizzazioni, e imprigionate a *mediocri profondità* sotto la scorza super-

ficiale, farebbemi somma meraviglia che la detta scorza resistesse ad una così smisurata potenza di espansione e di esplosione.

Imperocchè, screpolata come essa è da spostamenti e da faglie, attraversata da filoni, crivellata da abissi vulcanici, formata di rocce aventi differentissime strutture e resistenze, almeno una volta, per un qualsiasi tramite, per uno sfiatatojo qualsiasi, essa avrebbe pur dovuto dar adito a parte di quei gas, e divenir così il teatro di un fenomeno geologico di inusitata indole, di inconcepibile portata.

Impossibile dunque l'intendere come possa la crosta del globo resistere, per le incalcolabili età geologiche a sforzi di pressioni altrettanto incalcolabili; e come, se una volta sola, in un sol punto avesse ceduto, avesser potuto i margini dell'immenso baratro apertosi, riunirsi di nuovo, e tornare l'atmosfera ed il mare nella precedente mitezza dei rispettivi fenomeni.

D'altra parte, i mcti secolari e regionali della superficie terrestre sono vere oscillazioni; se il suolo si solleva ad est si deprime ad ovest di un asse di spostamento. I massimi rilievi montuosi meglio si comprendono come dovuti a pressioni laterali, e talora a scivolamenti di estensioni stratificate, sottomarine, di quello che come effettuatisi per violenze sotterranee, nella direzione verticale, o radiale del pianeta.

Son lontano dal negare le alte temperature centrali; ma come ricuso l'ipotesi della totale solidità del globo, così nego quella della sua natura tutta litoide con rocce liquefatte e fuse.

Ripeto qui, che se dovessi ammettere la Terra fisicamente liquida nella sua massa interna, o stata liquida per alte ed ora depresse temperature, la immaginerei fatta di materia metallica, non già composta di porcellana e di vetro.

Preferisco, dunque, un criterio migliore:

La liquazione implica *col graduato raffreddamento*, i rialzi di temperatura per il costituirsi di leghe definite; e *la imminenza delle singole solidificazioni metalliche*. Non trovo, per conseguenza, nessuna ragione per supporre molto superiore a quella della fusione del platino, e dei metalli affini, la temperatura massima del centro del globo. Credo anzi che il grado medio del calore terrestre non debba superar di molto quello della fusione del ferro puro.

Una sola eccezione mi pare debba farsi; potendosi ammettere cioè temperature più alte assai di quelle di fusione dei men fusibili metalli, solo nel limitato campo di attività chimica dell'idrogeno; questo gas prorompendo allo stato nascente, dai caldi metalli periferici; incontrando nella crosta ossidata, e in cento guise mineralizzata, ossigeno, cloro, fluorio, carbonio, solfo, e gli altri metalloidi, combinati con metalli di differente valenza atomica, può produrre rapide e violenti reazioni; tuttavia frazionate e di mutabil portata, contenute facilmente da pressioni non esorbitanti.

PARTE SECONDA

Cause dei moti sismici più frequenti alla superficie del suolo.

Ciò che ho imparato fino ad oggi sulla storia naturale dei terremoti, mi ha persuaso che i movimenti del suolo, ossia di limitate aree della crosta terrestre, sono sempre dovuti a cause inerenti alla crosta terrestre.

Ammetto che tali cause sieno molteplici e di diverso ordine; che alcune sieno localizzatissime, circoscritte, temporanee; benchè talvolta caratterizzate da notevole periodicità; che altre, invece, abbiano indole direttamente connessa alle generali attività del pianeta, nelle sue più profonde regioni; che i grandi fenomeni pneumatici e idrotermici, in un profondo campo di azione, sottostante alla solidità litoide e periferica della crosta del globo, rappresentino il magazzino, o lo stato potenziale delle energie e dei dinamismi pei quali il suolo si scuote, trema, sussulta, oscilla, talora si fende e si sposta dalla sua posizione di preesistente equilibrio; — credo, infine, che allo studio ed alla definizione delle cause direttamente efficienti i terremoti, debbano necessariamente coordinarsi le considerazioni che, sullo stato fisico della terra, ho svolte nella parte prima di questo scritto.

Avanti di riassumere i dati sulla sismologia generale, alla quale si dà, in oggi, un così premuroso culto, amo di ricordare, perchè giova di averlo presente sempre, che tutte le nostre conoscenze per dirette osservazioni, circa la crosta terrestre, si limitano ad una cotanto minima profondità sotto il livello del mare, che può dirsi insignificante.

Pochi sono i pozzi di miniere più profondi di quello di Przibram, che misura un solo chilometro; quello già citato dello Speremberg è di m. 1330. — Ora, un chilometro o poco più, sul raggio terrestre che ne misura in media 6367, equivale ad $\frac{1}{15}$ di millimetro in un globo di 1 metro di diametro; equivale allo spessore del foglio di carta velina in un aerostato di quella ora citata grandezza!

Ciò premesso, procediamo pure nella caliginosa via.

I. *Le cause dirette dei terremoti sono inerenti alla crosta solida, litoide, e superficialmente stratificata della terra.*

Senza dubbio al di fuori della massa terrestre, a partire dal livello dei mari fino ai centri della Luna e del Sole, possono esistere condizioni propizie ad *eccitazioni* di effetti dinamici nel nostro pianeta; possono scuoprirsi incentivi di *rialzi*

nei moti naturali della parte più esteriore, superficiale del suolo; come vi esistono le ragioni prime delle maree o delle oscillazioni delle onde marine e delle onde atmosferiche.

Resta peraltro, a parer mio, indiscutibilmente vero che per iscrutar le cause dei terremoti; per sapere qual sia la forza che di tratto in tratto fa traballare e vibrar fortemente le pianure e le montagne, il fondo degli oceani, le dipendenze ed i vulcani, bisogna primamente investigare ciò che, efficacemente attivo, sta nel sottosuolo; bisogna esplorare le profondità, sia col soccorso dei sensi, fintantochè esse ci sono accessibili — purtroppo, dunque, in una infinitesima misura —; sia col soccorso del pensiero, guidato e sostenuto dalle cognizioni meglio accertate e registrate dalla scienza.

II. Le cause più evidentemente localizzate dei terremoti; quelle per le quali bene spesso una limitata, ristretta area di suolo, si agita inopinatamente e per più giorni, fin anco per mesi, seguita a scuotersi per piccoli e via via decrescenti terremoti, posson ridursi a queste: *frammenti di rocce stratificate, scalzate da erosioni o dissoluzioni parziali di adunamenti lenticolari di minerali solubili; esplosioni di gas, dovute a reazioni accidentalmente prodottesi a non grande profondità, e conati o parossismi di eruzioni vulcaniche.*

Per esempio, si vollero attribuire da taluni scienziati, ai frammenti sotterranei, le fasi sismiche del Forlivese o di Casamicciola, ed i frequenti e lievi terremoti di Siena. — Credo peraltro che solo a questi ultimi possa spettare una siffatta spiegazione.

Anche in quei terremoti che sono subordinatissimi alle evoluzioni dei vulcani attivi possono concepirsi detonazioni e scoppi, sia di vapor acqueo, sia di miscele gassose detonanti; i boati, verosimilmente prodotti da una profonda detonazione, echeggiante e rimbombante nelle vaste cavernosità lasciate dalla lava delle eruzioni precedenti, contrattasi e disidratata in gran parte, ne danno pressochè la certezza; tuttavia è più probabile che i terremoti precursori e concomitanti delle eruzioni vulcaniche derivino dagli urti che la lava, già ribollente e fluttuante, dà alle interne pareti del focolare e del cratere, oscillando sotto l'impulso delle potenti espansioni del vapor acqueo soprariscaldato.

III. Le cause più generali, più estesamente attive, quelle che direi volentieri le più *planetarie* dei terremoti, anzi della sismologia dominante, le trovo nella condizione pneumatica precedentemente esposta, inerente allo strato sottostante a quello solido superficiale; le riconosco cioè, negli svolgimenti e accumulamenti di gas

detonante, nelle vacuità profonde della crosta solida terrestre; come pure, nelle forti tensioni che i gas, ed i vapori del sottosuolo, possono per ragioni di natura chimica e di temperatura, facilmente raggiungere.

L'ipotesi dei miscugli gassosi, esplosivi, con idrogeno libero sprigionato da un nucleo metallico planetario, via via raccolti nelle più profonde vacuità del globo, non esclude l'intervento e l'azione diretta del vapore acqueo, nei fenomeni dinamici sotterranei.

Il vapore acqueo rappresenta, senza dubbio, nella fisica della Terra, un potentissimo elemento di fenomeni dinamici e di progressivi mutamenti, soprattutto se considerato nelle sue sotterranee e idrotermali attività. Basta ammetterne la dissociabilità, in presenza di materie metalliche ad alto grado di calore, per desumerne la produzione di idrogeno e ossigeno, in miscele detonanti. La teoria pneumatica dei terremoti acquista per esso nuovo titolo di probabilità.

Per altro, dall'infiltrarsi dell'acqua nelle più abissali latebre della crosta terrestre evidentemente derivano i fenomeni della vulcanicità classica; e ce lo dimostrano gli allineamenti dei vulcani lungo le linee marginali dei continenti, linee per lo più di fratture profonde, e di faglie.

In tali casi l'acqua discende indubbiamente dal mare e in tanta copia da autorizzar la definizione di un vulcano quale una *sorgente termale intermittente*, con *fanghiglie cristalline*. La quantità di acqua espulsa dall'eruzione etnea del 1865, si calcolò maggiore di due milioni di m. c., ossia circa due milioni di tonnellate.

Con più forte ragione, può credersi scendente dalle superficie del suolo quella che prorompe dai *geysers*, e dai soffioni; quella che rimonta alla superficie e quella mineralizzata e gorgogliante, nelle salse, mineralizzata e calda nelle sorgenti termali.

Qui divien utile una considerazione; come si ha la grandiosa vulcanicità, di cui si vedono i conici rappresentanti circondare il Pacifico, allinearsi nell'asse dell'Atlantico, sorgere sui litorali d'Italia e di Grecia, nelle Antille e via dicendo, così si hanno fortissimi terremoti, a vaste aree, speciali appunto alle coste marine, ai litorali (Lisbona, Messina, Calabrie, Pisa-Livorno, Giava, Guatemala, ecc.); e come si ha una *pseudo-vulcanicità*, da dirsi meglio una gradazione più mite del vulcanismo, anche contemporaneo, in certe zone di terreni sovraincombenti a formazioni argillose, salifere, e invase da attività idrotermali, salse, vulcani di fango e macalube, si ha pure una categoria di terremoti, più circoscritti ma più frequenti; capaci anzi di far tremare il suolo di un paese per molti giorni di seguito, e per più volte in uno stesso giorno, (terremoti delle Calabrie, di Forlì, di Bologna, di Belluno, di Ginevra, dell'Andalusia, della Croazia, ecc.).

Anche in questi casi, le fratture del suolo, le faglie, sono presenti, e cospicue; ma invece di segnar grandi linee sugli emisferi terrestri, attestando spostamenti continentali, esse si offrono come reticolature, screpolamenti circoscritti, allineamenti paralleli di faglie puramente regionali. Già feci conoscere come l'area montuosa del Bolognese sia classicamente istruttiva per tale riguardo.

Pertanto, a proposito di questa categoria di terremoti, a centro sismico assai poco profondo, importa di notare che lo svolgimento di gas combustibili e detonanti può dipendere da idro-carburi analoghi al *grisou*, frequenti nelle argille salifere, e nelle argille scagliose, notissime come sedi di reazioni chimiche, di sprigionamenti copiosi di gas idrogeno carbonato; e siccome le argille scagliose nelle loro modalità eruttive si connettono alle serpentine, e nel Bolognese si hanno esuberanti esempi di tale connessione, così gl'idro-carburi gassosi non di raro svolgonsi nelle aree donde pur sorgono cupole o guglie di serpentine.

I terremoti della Liguria posson classificarsi tanto nella prima categoria — dei forti terremoti sulle linee di faglia, littorali e continentali — quanto nella categoria seconda, dei terremoti nelle aree sovrastanti ad argille salifere, con idrotermalità inerente, contiguità alle serpentine, e intrecciature reticolari di fratture e di faglie.

Il miglior modo per conoscere qual grado di probabilità ci offra la teoria *chimico-pneumatica* dei terremoti è senza dubbio quello di analizzare le particolarità del fenomeno, nelle sue abituali manifestazioni; e di cercare se le spiegazioni offerte da quella teoria soddisfino, o no, alla natura dei fatti ed alle loro correlazioni.

Analizziamole!

a) L'atto produttore la scossa sussultoria, cui susseguono le ondulazioni prolungate, è istantaneo.

b) Le ondulazioni, o vibrazioni sismiche si trasmettono con velocità differenti nelle differenti direzioni, a partire da un epicentro; dunque un simile fatto può ammettersi per le vibrazioni irraggianti dal centro sismico vero, a profondità. — Variano al variare della natura dei terreni, della struttura o tettonica delle masse rocciose; dell'andamento degli strati, della continuità o delle interruzioni litoclastiche nell'area scossa dal fenomeno di movimento.

c) Si ha la frequenza massima, con intensità considerevole dei terremoti, nelle zone con allineamenti di fratture e di faglie, nei terreni *specialmente sedimentari*. — I più forti terremoti storici si produssero sulle linee littorali, coordinate in generale ai dislocamenti del suolo.

d) Sussiste una reale soggezione di parecchie regioni, rispetto ai terremoti, sebben lontane dai centri della vulcanicità, anzi in aree di terreni stratificati, di recenti età geologiche.

e) Possono ripetersi più e forti scosse in taluni paesi, ed a brevi intervalli, mentre i paesi vicini risentono appena una o poche scosse (per esempio Savona nella notte del 23 febbraio).

f) Può aversi la completa incolumità di paesi, rispetto al terremoto, *per essere rimasti immobili*, mentre il territorio circostante era investito da forti onde di terremoto (Es. S. Leo presso Urbino nelle Marche, sempre esente da scosse, durante i terremoti dell'Italia centrale).

g) Mancanza di sensazione del terremoto per parte dei minatori internati nelle profonde gallerie di miniera, nelle regioni squassate dal fenomeno.

h) Frequenza dell'annunzio della scossa imminente, per via di un colpo, che Humboldt paragona ad uno scoppio di mina o ad una sotterranea, istantanea detonazione (Es. il terremoto di Riobamba del 1794, e gli ultimi di S. Remo.).

i) Sgorghi improvvisi di acque come a Diano-marina, di polle o zampilli, sul suolo o dal fondo del mare presso le spiagge; variazioni di livello delle acque nei pozzi, ecc.

k) Massimo numero di scosse nei mesi invernali. Fra questi tristamente privilegiato il mese di Febbraio.

l) Coincidenze notate qualchevolta di forti terremoti colle fasi lunari di Luna piena e Luna nuova, colla posizione della Luna al perigeo, e colle eclissi annulari di Sole. — Influenza sui terremoti, presunta nelle maree.

m) Avvenimenti di forti scosse consecutivamente a periodi di grandi piogge prolungate, di forti e durevoli nevicate, di inondazioni estese.

a) LA ISTANTANEITÀ della causa diretta della scossa sussultoria, del terremoto vero, mi pare evidentissima. Bisogna peraltro considerarla indipendente dal moto di propagazione a distanze crescenti e ad onde sismiche concentriche, queste essendo soltanto l'effetto dinamico della scossa medesima.

L'atto del terremoto vero deve esser tanto istantaneo quanto lo è una esplosione di materia detonante, un colpo di cannone, un urto di proiettile, uno scroscio di folgore. — È raro che si ripeta a brevissima distanza; invece l'effetto suo suole prolungarsi dopo avvenuta la scossa, mercè la propagazione centrifuga del moto; questa propagazione ha luogo con velocità e con direzione variabile, e con cambiamenti di energia, a seconda della natura delle rocce attraverso le quali essa deve prodursi.

Non vi sono che due qualità di fenomeni che possano ragionevolmente invocarsi per concepir nelle cause dirette del terremoto questa istantaneità di effetto: le detonazioni di materie esplosive; ed il violento precipitarsi di un fluido in uno spazio divenuto vuoto, e ad un tratto apertosi a quel fluido irrompente.

Ambedue questi fatti posson concepirsi facilmente nel sottosuolo, mercè l'ipotesi delle detonazioni di idro-carburi commisti ad ossigeno. Anzi, il secondo può bene spesso spiegare il ripetersi delle scosse a brevi intervalli.

Qualunque altra azione extratellurica, a distanza, ed influente sopra vaste aree del globo, non potrebbe assolutamente assumere quel carattere di decisa istantaneità.

b) Ciò che prolunga il terremoto; ciò che, suol dar luogo alle maggiori rovine, ai più deplorabili disastri, è la trasmissione delle onde consecutive, avvertibili in ogni direzione a partire dall'epicentro. I rialzi di scossa, che tal-

volta si hanno molto sensibili nel breve intervallo del terremoto, dipendono dal passaggio di onde più intense, o dalla somma di onde che s' incontrano per effetto di riflessioni convergenti.

Ma anche su tale proposito si può avvertire che le differenze, più o meno considerevoli, di velocità di trasmissione delle onde sismiche, essendo, come notai già, subordinatissime alle condizioni fisiche, tettoniche, litologiche, strutturali del suolo; alla presenza di fratture, soprattutto di faglie; alle direzioni degli strati ed ai loro ripiegamenti possibili; forse anche al regime della circolazione sotterranea, provano luminosamente che il centro di azione è, direi, immerso nella stessa area che per esso si anderà scuotendo. Non esiste alcuna azione meccanica capace di produrre onde concentriche di trasmissioni di moto, nelle acque stagnanti, oltre quella di un urto direttamente dato alla massa di quelle acque medesime.

c) La grande frequenza dei terremoti sulle zone di territorio attraversate da grandi fratture e dislocazioni delle masse stratificate, o con contatti di sistemi o pile di strati con cupole eruttive, sempre più convalida l' idea che sostengo, l' idea dell' origine chimico-pneumatica dei terremoti, inerente alla crosta terrestre.

Il fatto, che innumerevoli fratture, spostamenti di strati, faglie e via dicendo, rendono discontinua in sommo grado la crosta del globo, concorre a spiegare altresì, come dirò in appresso, l' influenza luni-solare sui terremoti, quindi talune notate coincidenze di questi coll' epoche di alte maree e di eclissi di Sole.

Che nella crosta terrestre sieno dovunque tramiti e comunicazioni dall' interno all' esterno, è cosa notissima anche ai profani della geologia. È pur noto che per esse si hanno filoni e dicche eruttive, allineamenti di vulcani, emanazioni di gas e di vapori, dislivelli fra continenti ed oceani, fra zone littorali ed aree abissali nei mari, screpolature di rocce appena discernibili, interruzioni nell' andamento dei terreni stratificati.

Se gl' idrocarburi gassosi possono divenire esplosivi, mescolandosi coll' ossigeno, e nelle peculiari condizioni di calore e pressione che nelle profonde parti del suolo necessariamente sostengono, è naturale che tali mescolanze avvengano più facilmente laddove l' aria può penetrare a profondità, trattavi in dissoluzione dalle acque discendenti nelle ime latebre dell' involucro esterno, mercè le notate interruzioni di continuità.

Resta a vedere come possano intendersi nelle regioni più addentrate della crosta terrestre vacuità così grandi da consentire copiosi adunamenti di vapori e di gas, e dar conto della imponentza, talvolta verificatasi, nei moti improvvisi del suolo, alla superficie.

Comunque sia, può asserirsi che la crosta del globo è tutta fittamente screpolata. — In essa, crepacci e spaccature, ampie *litoclasti* con *faglie* o salti di strati,

con dislocazioni ampie per decine, centinaia, talora migliaia di metri; in essa esili fessure, incrinature che serpeggiano e si ramificano nelle rocce d'ogni genere; or vuote e libere, ora percorse da fluidi, ed in via di cementazione, di risaldatura; or ricolmate da depositi di minerali incrostanti, produttori di vene, di dicche, di filoni metalliferi, tanto se regolari e simmetrici, quanto se di confuso aggregamento.

Basta riflettere alle contrazioni delle masse rocciose profonde in via di progressivo raffreddamento; alle stratificazioni sedimentarie che poco a poco si prosciugano; ai moti lenti, vasti, regionali del suolo; alle tante erosioni chimiche e meccaniche attive nel sottosuolo; alle variazioni di pressione dall'alto al basso e viceversa; ai terremoti delle antiche età; all'insieme delle azioni molecolari di metamorfismo, e con forma direi *panoramica*, a tutte le vicende della orografia mondiale, con sostituzioni chissà quante e quante volte ripetute del mare alla terra, e della terra al mare, per concepir la massa pietrosa e superficiale del pianeta nostro tutta intersecata da fitta rete di discontinuità d'ogni grado.

Gli esempi di ampie cavità e di vuoti sotterranei, di strutture vastamente cellulari o spongiose nelle rocce, con comunicazioni dirette e multiformi, fra vuoti lontani ecc., non mancano davvero!

Prescindendo dalle grotte, dalle caverne, dagli antri, dalle spelonche, dai cunicoli più o men facilmente accessibili dalla superficie, con aperture a fior di terra, posson citarsi i profondi interstizi di strati, le vacuità date da erosioni adentratissime, le discontinuità per dislocazioni e faglie, le porosità di masse idroplutoniche, scoriacee, spugnose; le spaccature per ritiro di rocce eruttive, fattesi disidratate e fredde. Giova anzi di notare che una delle cause cui posson riferirsi moltissime cavernosità della crosta terrestre risiede appunto nelle contrazioni, nei *ritiri* per diminuzioni di volume delle rocce che si prosciugano o si raffreddano.

Alla superficie, e fra i fenomeni morfologici che ci cadono spesso sott'occhio, vediamo le glebe ellissoidali delle septarie non di raro ridotte a croste sottili racchiudenti vuoti proporzionatamente grandissimi; come vediamo ampie spaccature attraversare masse eruttive, e aprire aditi alle emanazioni filoniane. Fatte le dovute proporzioni si può concepire il ritiro, la contrazione, nelle rocce profonde, cause frequenti di cavità considerevoli; ovvero molteplici, vicine fra loro. Le dissoluzioni di ammassi lenticolari di sali, di calcari, di gessi; le espansioni gassose nelle rocce vulcaniche, fatte pastose dal calore, e dal *vapor acqueo sopra riscaldato*; le disgregazioni molecolari, o le scomposizioni di materiali organici diffusi nei sedimenti fattisi poco a poco profondi, si aggiungono ai casi primamente citati, per darci certezza che nella crosta profonda del pianeta nostro le vacuità debbon sussistere dovunque, ed esser, per lo più, fra loro comunicanti.

Rendiamoci conto adesso della importanza che possono avere gli adunamenti di gas combustibile nelle profondità del suolo; deducendola, in mancanza di migliori elementi, dal numero dei luoghi dove si hanno spontanee emanazioni di quel gas, e dei volumi che possono desumersi, perennemente prodotti.

Il catalogo dei luoghi dove le superficiali emanazioni di gas combustibile, che si accendono e bruciano con fiammelle vivaci, che nè vento nè pioggia sogliono spengere, e che durano perenni in parecchi casi ben noti, sarebbe lunghissimo. Vi figurerebbero in prima categoria i dintorni di Baku sul Caspio, di Ho-Tsing nella China, colle sue fontane ardenti, le isolette idropiriche della Crimea e del Mar d' Azof; e qui in Italia, anzi nel nostro Appennino dell' Emilia, sulla vasta distesa dei terreni terziarii, i fuochi detti di Barigazzo nel Frignano, di Pietramala sul confine toscano, di Greccia, Porretta, Riola ecc. nel Bolognese, colle notissime salse di Sassuolo, di Torre della Maina ecc. nel Modenese, di Velleia e Monte Gibio nel Parmense, della Querzola nel Reggiano, ed altri nomi ancora.

Non trascriverò questo catalogo. La scienza lo possiede nel classico libro del Prof. Bianconi intitolato: " Terreni ardenti. „. Osserverò piuttosto:

1° che a questo potrebbero convenientemente coordinarsi quelle immense formazioni del sottosuolo, che nell' antico, e più nel nuovo continente, sono irrigate, inzuppate, inondate dal petrolio, ossia dallo *stato liquido* di un idrocarburo, prodotto dalla peculiare condizione termica, geognostica e tettonica degli strati che lo contengono; di un idro-carburo adunque, combustibile, che per lievi variazioni di temperatura o di pressione potrebbe originar vapori infiammabili e miscele detonanti.

2° Che del pari, possono coordinarsi alla lista dei luoghi dove dal suolo sfuggono torrenti di gas combustibile, per anni e per secoli, tutte le miniere nelle quali il terribile *grisou*, l' idrogeno carbonato detonante, minaccia o compie desolanti, tremende catastrofi; e di tali miniere se ne contano a centinaia, già funestate da esplosioni formidabili.

3° Infine, che dalla sola, piccolissima areola dei *focchetti* di Pietramala, dove il gas bruciante scaturisce dal suolo incessantemente, probabilmente si svolgono, giorno per giorno più di 60 m. c. di quel gas. E calcolando come se fossero solamente quindici le fiammelle perenni, delle molte che vi si conoscono e che queste possano equivalere ad altrettanti comuni becchi a gas; valutando un solo metro cubo di gas sgorgante in sei ore, ciò che dà quattro metri cubi soli per giorno, e per fiammella; s' avrebbero quei 60 m. c. di gas combustibile, i quali mescolandosi all' ossigeno dell' aria darebbero almeno 100 m. c. di gas detonante. Dunque, circa 22,000 m. c. in un anno; i quali 22,000 m. c. se si costituissero detonanti, salendo perciò ad oltre 36 mila, e se rimanessero co-

stretti nelle profonde cavità del suolo, per circostanze improvvise, esteriori o superficiali, non richiederebbero che una minima scintilla di combustione o di elettricità, che una limitata produzione di calore, per attrito, per strofinio di rocce, per la condensazione loro in masse carboniose e litoidi porosissime, per accendersi; ed accesi che sieno, per far traballare e sussultare violentemente i soprastanti terreni, per generare l'ampio propagarsi di onde sismiche consecutive.

Ora, se dati come probabili 36 mila m. c. di gas detonante, svolgentisi anno per anno sotto Pietramala, ne diamo analogamente, 20 mila a Grecchia, 20 mila a Riola e 2 mila a Porretta, si ha per quattro soli punti dell'Appennino Bolognese-Toscano, un volume da 88...90 mila m. c. di energia in istato potenziale di detonazione. Talmente che se si pensi che nella miniera di Bisano sull'Idice, come nelle miniere di zolfo in Romagna, si ebbero violenti esplosioni di *grison*; che nelle argille scagliose di Vedegheto, esso genera talvolta scoppi improvvisi; che in talune gallerie ferroviarie della *Bologna-Porretta-Pistoia* si mantengono perennemente accese fiammelle di gas naturale, illuminante, si arriva a concludere che la cifra di 100,000 m. c. di gas combustibile, spontaneamente svolgentisi dal sottosuolo bolognese, anno per anno, è una cifra molto al di sotto del vero.

Basta questa considerazione per dar conforto all'idea che nelle così dette „ viscere della Terra „ si svolgono e si diffondono, perennemente, quantità e volumi enormi di miscele gassose a base di idrocarburi o *con idrogeno libero*, le quali posson ridursi esplodenti; e possono effettivamente esplodere in seguito ad uno qualunque dei tanti incentivi di ignizioni, di riscaldamenti speciali nel sottosuolo che per cause fisiche o chimiche vanno facilmente avverandosi.

d) Immaginemoci adesso una vacuità sotterranea occupata da una miscela gassosa detonante. Se una causa minima di calore, di ignizione, determina lo scoppio, si avrà nell'area della detonazione un centro sismico; e nel punto dove il raggio terrestre di quell'area tocca la superficie del suolo, si avrà un epicentro, di scossa sussultoria e di moti concentrici ondulatorii. — Se non che, avvenuta appena la detonazione, si è generato un vuoto; dove era la tensione di un volume imponente di gas esplosivo, resta forse una goccia di liquido generalmente di acqua o di idrocarburo; quindi, il precipitarsi necessario in quel vuoto delle masse gassose contigue, comunicanti. Nuovi impulsi, nuovi fremiti del suolo, nuove ragioni di detonazioni dei sopravvenienti miscugli esplosivi, nuove modalità consecutive del terremoto, ma con viedecrescente intensità.

e, f) Un fatto singolarissimo di paesi, che al pari di S. Leo di Romagna, restano immobili, quando tutt' all'intorno il territorio trema ed oscilla, quasi fossero isole saldissime in un mare fluttuante, può dipendere, alla sua volta, da una

vera interferenza di onde contigue, dirette nello stesso senso ma con angolo acutissimo di divergenza e con lieve differenza nella velocità di trasmissione. Peraltro può, in casi speciali, esser conseguenza di un ripiegamento, *per riflessione*, causato dalle differenze di struttura, quindi di densità, di compattezza, di disposizione degli strati, nelle masse ove vanno propagandosi le onde sismiche, in confronto di quelle che le onde sismiche vanno investendo.

In ogni caso, questi fatti, e altri, dimostrano, senza eccezione, che il terremoto deriva da un urto momentaneo, in regioni del suolo pochissimo profonde, relativamente al raggio terrestre, anzi quasi prossime alla superficie della crosta solida del pianeta.

Qual fenomeno di riscaldamento o d'ignizione, potrà sopraggiungere, perchè un miscuglio di gas detonante, chiuso in una vacuità del suolo, o nelle cellule di rocce vulcaniche scoriacee, esploda?

Mi pare sieno esuberanti gli esempi da addurre. Polverii piroforici di carbone, di solfuri ecc. nelle miniere carbonifere, nelle argille piritifere, negli strati di lignite; scivolamenti e strisciamenti di massi, di parti di strati, con forte attrito e forte scaldamento; faville di piriti urtate da rocce silicifere, o da altre piriti; reazioni chimiche per ossidazioni di solfuri, *scintille elettriche* per contraccolpo nelle cavità estese fra strati e strati; fors'anco correnti magnetiche, con interruzioni o con resistenze bastevoli a indurre forti aumenti di temperatura.

g) Vale forse la pena, adesso, arrivati a questo punto colle tante considerazioni che precedono, di preoccuparsi del modo di coordinare alla teoria qui sostenuta pei terremoti talune particolarità singolari che in rari casi si produssero?

Basterà sorvolare sull'argomento.

Se bene spesso i minatori che scavano le gallerie, che lavorano nei cantieri, non avvertono le scosse, ancorchè forti, del terremoto ciò dipende dal non aver essi modo di riferire il movimento del posto che occupano, a qualcosa di relativamente fermo. È il fenomeno notissimo ai viaggianti in ferrovia, di notte, pel quale se essi dopo di aver sonnecchiato si destano, mentre il treno corre, non si accorgono del moto, o non si rendono conto della sua direzione, se non dopo di aver avvertito qualche sussulto del vagone, od aver veduto sfuggir qualche lume dal finestrino.

h) L'annunzio del terremoto dato da uno scoppio, che in qualche caso, per es. del terremoto di Riobamba del 1794, descritto dall'Humboldt, fu paragonato ad una cannonata, e che si avvertì da moltissimi nel recente terremoto ligure, a S. Remo, è in certa guisa la prova diretta e sensibile della causa esplosiva del fenomeno.

i) Gl'improvvisi sgorghi di acque, come ultimamente avvennero presso il

lido di Diano-Marina, le oscillazioni delle acque nei pozzi, i gorgogliamenti dal fondo del mare, sono altrettante estrinsecazioni della attività sotterranea, fattasi *pneumaticamente poco profonda*, e con preziosi elementi di misura per aver idea delle profondità assolute in cui si svilupparono la forza di detonazione e l'impulso di scossa, in cui si costituì un centro sismico, istantaneo, e più o meno considerevole.

k) Il massimo numero dei terremoti, specialmente in Italia, o nel mezzodì di Europa, pare che avvenga nei mesi invernali; quello di Febbraio, a seconda delle diligenti ricerche del nostro Prof. Palagi, sarebbe privilegiato, in questo senso.

Ammettendo questa deduzione delle statistiche sismologiche come vera, amo di riferirne il significato, se non la formulata esplicazione all'ultimo titolo *m)*, di questa velocissima rassegna.

l) Come possa la marea aver influenza sui terremoti, può dirsi in due parole. È cosa certa che la pressione delle acque del mare accresce la tensione degli adunamenti gassosi delle sottostanti masse rocciose, sommerse. Essa limita e frena gli svolgimenti dei vapori sotterranei; può limitare lo sprigionarsi del gas idrogeno ocluso nelle parti più addentrate e prossime al nucleo metallico sotto la crosta litoide del globo.

Dunque, ad ogni diminuzione di quella pressione idrostatica, la quale può elevarsi a parecchie atmosfere, deve corrispondere una crescente energia di distensione dei vapori o dei gas. La forza espansiva, dallo stato potenziale passerà allo stato di forza viva, e di moto, e se ne risentiranno effetti proporzionati.

Si badi peraltro di non esagerare.

Testè si disse, nell'occasione dei recentissimi terremoti liguri che si eran prodotte le scosse mentre ai nostri antipodi avevasi alta marea, coll' eclissi annullare del Sole.

I terremoti son troppo frequenti sulla terra perchè il loro prodursi non si trovi bene spesso in coincidenza con qualche altro fatto o fenomeno di fisica terrestre. Questa riflessione l'ho già fatta in altra circostanza (1), e non ne parlo più; ma la singolarità di un forte terremoto che avviene precisamente quando Luna e Sole sono in congiunzione, con eclissi, e con altissima marea agli antipodi, merita di essere, almeno brevemente, discussa.

È poi curiosissimo, e farebbe ridere se non dovesse invece far piangere quanti vogliono sbanditi i madornali spropositi dalla istruzione elementare e popolare, il modo d'intendere l'azione della Luna sulla Terra, per parte di certi scrittori. Può darne idea i seguenti periodi che stacco dalle colonne della *Tribuna*: „ La teoria

(1) V. BOMBICCI — I terremoti di Bologna. — Bologna 1881.

del comandante Delaunay dà per causa dei terremoti e delle eruzioni vulcaniche l'influenza della Luna, come altri attribuiscono il fenomeno agli eclissi.

„ Nel modo istesso che la Luna attira gli oceani e produce le maree, così essa attirerebbe a sè i continenti e soprattutto le parti più dense e montagnose.

„ Ed in seguito a questa attrazione, la crosta dura della terra sarebbe sollevata, spostata, distaccata dal nucleo centrale liquido o pastoso. Si produrrebbero delle dislocazioni, e quindi i terremoti. „

Io penso che tutto si riduca alla diminuzione di pressione idrostatica, che l'attrazione luni-solare induce nelle colonne acquee marine, gravanti sul fondo, e sulle modalità fluide ed elastiche del suolo sottostante. Anche questo l'ho detto e stampato da tempo (1). Ma per capir ciò; e soprattutto per capirlo in relazione a due fatti che avvengono agli antipodi l'uno dell'altro, occorre richiamare la giusta idea della marea, ricordando che questo fenomeno consiste nell'elevarsi, nel tumefarsi dell'oceano, tanto nelle aree al di sotto del satellite, quanto in quelle agli antipodi delle precedenti; e che, la Luna (al pari del Sole), non attira l'acqua, come se ne trasse a sè le gocce con fili invisibili; ma determina semplicemente *l'allontanamento delle particelle liquide dal centro della Terra, diminuendo ivi la forza di gravità*, nella direzione della linea retta attraversante i centri dei due astri. Ora è cosa evidente, che se nella direzione di questa linea indefinita diminuisce la forza attrattiva del centro della Terra, le particelle situate su questa linea saranno meno intensamente attirate verso di esso centro; ossia, *diminuiranno di peso; diverranno più leggiere*; e, se saranno mobili, piglieranno una posizione nuova di equilibrio *allontanandosi* dal centro della Terra; o in altri termini, *sollevandosi*, tanto da una parte che dall'altra, sui due opposti raggi dello stesso diametro.

Partendo da questo dato, si vede subito possibile che agli antipodi di una plaga di alta marea, in seguito o no ad eclissi di Sole, diminuisca la pressione delle acque marine sul fondo, producendosi ivi pure il flusso; ivi pure allontanandosi le particelle liquide dal centro d'attrazione.

m) Resta, infine, a richiamare in questione la singolare coincidenza, da me ripetutamente segnalata (2); vale a dire il prodursi di una fase sismica, con ripetuti e talvolta forti terremoti, *nelle regioni della seconda categoria*, in seguito ad abbondanti neviccate, a piogge diluviali, a inondazioni estese e durevoli, a repentini raffreddamenti dell'aria e del suolo (Terremoti del Perù, dell'Equatore nel 1868, di Forlì, di Fiume nel 1870, di Verona nel 1883, ultimi di Liguria).

Io ho perciò creduto, e lo credo tuttora, che sia causa diretta, o provocazione

(1) V. BOMBICCI — I terremoti di Bologna. — Bologna 1881.

(2) V. Idem — Della influenza luni-solare sui terremoti ecc. — Firenze 1882.

di una fase sismica, per viecrescente accumulamento sotterraneo, profondo, di gas, il farsi impermeabile il suolo, per ampie estensioni, per periodi lunghi, tanto da impedire le lente ma continue emanazioni scaricatrici dei gas suddetti; e questo, per effetto delle acque inondatrici, o delle copiose, insolite neviccate, o dei lunghi geli, che inzuppano, cuoprono e induriscono il suolo, ostruendovi ogni tramite, ogni valvola di sfogo, ogni comunicazione pervia, verso le parti sottostanti e profonde.

È proprio tempo di concludere :

La maggior parte dei terremoti, tranne quelli per crollamenti sotterranei o per impulsi di lave o di vapori nelle eruzioni vulcaniche, trae origine da detonazioni, nel sottosuolo, di miscele gassose esplosive.

Queste miscele sono generalmente idrocarburi gassosi, prodottisi inizialmente pel concorso di idrogeno libero, o di idrocarburi, generati da questo, coll'ossigeno, tratto a profondità, dalla circolazione acqua nelle solidità stratificate, screpolate o cavernose, della crosta terrestre.

L'idrogeno libero, nascente, che può essersi sprigionato in copia enorme, dal nucleo metallico del globo terrestre, durante la fase del suo iniziale raffreddamento; che può esservi restato incluso dopo che per ossidazioni, salificazioni e idratazioni (perciò con probabili rialzi di temperatura, anzi chè con raffreddamento progressivo), erasi formata la crosta solida superficiale.

Quest' idrogeno libero potrebbe tuttodì svolgersi dalla massa metallica del globo, e contribuire ai fenomeni sismici della attualità.

L'idrogeno, che può essersi svolto, e può tuttodì sprigionarsi dalla massa metallica interna della Terra; e le attività chimiche e fisiche che posson derivarne a grandi profondità, entrano come fattori massimi, o di primo grado, nella storia sismica della Terra.



SCHEMA DELLA IDEALE DISPOSIZIONE DEI COMPONENTI METALLICI DEL GLOBO TERRESTRE.

NB. Le successive zone rappresentano quelle regioni di crescente profondità nelle quali sarebbero non esclusivi, ma prevalenti, in ordine alle rispettive densità i diversi metalli.

Superficie del Globo

Crosta, essenzialmente composta di silicati. Campo probabile delle attività vulcaniche

Regione con silicati magnesiani, ferrei, alcaliferi, dominanti.

Reg.^e di metalli leggeri, ossidabili, salificabili facilmente.

Zona di metalloidi mine, rialzatori, con P. Sp. 6.....7 circa.

Reg.^e del Fe. e del Mn. e dei metalli affini. P. Sp. 7...8.

Reg.^e di metalli con P. Sp. 8...9, 8.

Reg.^e di metalli con P. Sp. = 10...20.

Nucleo di metalli con P. Sp. = 21.....?



Salificazione iniziale e dominante dei metalli più leggeri, alcalini e alcalino-ferrosi - Produzione di gas H²S con HF, HCl. Genesi di solfati, borati, cloruri e fluoruri - Campo di variabili, incessanti reazioni, con idratazioni prevalenti.

Reg.^e della massima formazione di Solfuri, di arseniuri e analoghi.

In accordo colla associazione o vicinanza dei giacim^{ti} di Fe, con quelli di Sn, Ni, Co, Cu e Mn.

In accordo di frequente associazione del rame e dell'argento nativi e dell'argento col piombo.

In accordo colla vicinanza dei giacim^{ti} di Ag, Pb, Au.

In accordo colla vicinanza frequent^{te} dei giacim^{ti} di Au, Pt, Pd.

I METALLI DEBBON TROVARSI IN QUESTE REGIONI SOPRATTUTTO ALLO STATO NATIVO.