

Fin dal 1882 pubblicai una nota allo scopo di proporre la costruzione di un apparecchio, un *geobarometro*, destinato a misurare speditamente ed agevolmente l'intensità della gravità, in vista di speciali applicazioni (¹).

La teoria del nuovo strumento fu reputata inappuntabile da autorità competenti (²), e da parecchi colleghi, versati nella tecnica, fui vivamente sollecitato acciocchè procurassi di tradurre in atto il mio progetto.

Incoraggiato dalle loro parole e determinate le dimensioni da assegnarsi alle varie parti, coll'aiuto del prof. Francesco De Memme, cui sono famigliari le dottrine relative alla gravità e l'uso delle formule, affidai la costruzione dello strumento alla ditta Geissler di Berlino, che era la più indicata all'uopo per l'eccellenza dei suoi lavori in vetro soffiato, in ispecie per la perfezione delle sue cannelle di cristallo a tenuta d'aria. Eseguita la commissione, l'apparecchio si ruppe durante il viaggio da Berlino a Genova, e, non essendo riuscito il risarcimento che ne fu tentato, dovetti abbandonare il pensiero di sperimentarlo. Intanto, certe difficoltà verificatesi nell'atto della costruzione, la stessa fragilità dei lunghi tubi di vetro di cui doveva essere composto secondo il mio disegno, mi persuasero che mancasse dei requisiti pratici necessari a conseguire la metà cui io tendevo, e mi indussero a desistere dalla impresa.

Le applicazioni alle quali io principalmente miravo colla costruzione del mio *geobarometro* erano queste :

1.^o La ricerca nei distretti minerari, nei quali i materiali metalliferi sogliono presentarsi in grandi ammassi (non in filoni) presso la superficie, di cospicui adunamenti suscettibili di essere usufruttati, risparmiando così

(¹) *Di uno stromento destinato a misurare l'intensità della gravità*. Giornale della Società di Letture e Conversazioni scientifiche. Genova, 1882.

Note sur un istrument destiné à mesurer l'intensité de la pesanteur. Bulletin de la Société impériale des Naturalistes de Moscou, 1882, I, pag. 134.

(²) Dott. S. GÜNTHER, *Lehrbuch der Geophysik*, Bd. I, pag. 159, Stuttgart, 1884.

lunghe gallerie o pozzi d' esplorazione, praticati bene spesso in base a criteri puramente empirici. Alludo a giacimenti di minerali pesanti (pirite ramifera, ematite, ecc.), analoghi a quelli ben noti delle miniere di Agordo nel Bellunese, di Libiola in Liguria, dell' isola d' Elba, per citare solamente esempi italiani.

Ottenuti in un campo minerario numerose determinazioni di gravità in punti fra loro prossimi ed equidistanti, introdotte nelle cifre che ne risultano le correzioni opportune per eliminare in queste cifre la parte che consegue dalle irregolarità del terreno (rilievi e depressioni), è chiaro che il loro confronto, indipendentemente dal valore assoluto della gravità, ma solo a titolo differenziale, è suscettibile di indicare al coltivatore della miniera i punti sotto i quali si trovano ammassi di minerali pesanti, o meglio i punti sotto i quali, dato che tali ammassi esistano, o perchè più prossimi alla superficie o perchè più voluminosi, sono da ricercarsi con maggior probabilità di riuscita.

Non fa d'uopo dimostrare come lo stesso metodo di esplorazione possa applicarsi con vantaggio non solo a giorno, ma anche in galleria, affine di rintracciare adunamenti di minerali utili al di sopra o al di sotto di un livello sotterraneo determinato.

2.º La seconda applicazione che avevo in vista era di eseguire sistematicamente numerose determinazioni di gravità, a breve intervallo di tempo, in alcuni punti appropriati, alle falde o alla base di un monte vulcanico, allo scopo di desumere dai casi di attrazioni progressivamente crescenti presagi di parossismi eruttivi; ciò partendo dal supposto, ben fondato io credo, che le eruzioni sono quasi sempre determinate dalla ascensione delle lave nel cammino vulcanico, anche quando non traboccano all'esterno, e che gli spostamenti di queste lave, sollevandosi esse dalle profondità dei focolari vulcanici ai crateri o fin presso i crateri, debbono rendersi ben manifesti negli apparecchi atti a misurare la gravità.

Avvenuta la distruzione della città di Saint Pierre, coll'eccidio di quasi tutti i suoi abitanti, per subitaneo parossismo del Monte Pelée nell' isola Martinica, mi tornò in mente l'antico pensiero, e mi parve opportuno di rinnovare la mia proposta di istituire osservazioni sistematiche di gravità attorno ai vulcani, allo scopo di verificare se, come io presumo, possono

preannunziare le più violente eruzioni. Ma questa volta, affinchè i miei voti non esorbitassero dal campo pratico, io suggerivò che si adoperasse all'uopo non già uno strumento nuovo o poco noto, ma il pendolo di Sterneck o l'apparato di Defforges che già fecero le loro prove (1).

Senonchè mi fu mossa l'obbiezione, giustissima anche nel caso in cui voglia applicarsi il medesimo metodo alla ricerca di masse sotterranee, che l'uso di simili apparati è relativamente lento e malagevole quando si tratti di moltiplicare le osservazioni.

Poco dopo la pubblicazione delle mie note, Mascart descriveva uno strumento fondato sullo stesso principio (2) e che consiste in una sorta di barometro a sifone in cui il ramo più breve è chiuso e contiene una certa quantità di gas (anidride carbonica), il quale vi fu introdotto ad una pressione tale da far equilibrio ad una colonna di mercurio che raggiunge un metro d'altezza quando il tubo si trova in posizione verticale. L'apparecchio differisce dal mio perciocchè funge anche da termometro e l'azione della temperatura sulla colonna di mercurio non è in alcun modo compensata e perturba l'apprezzamento delle oscillazioni dipendenti dalla gravità; in esso l'anidride carbonica è vantaggiosamente sostituita all'aria.

L'autore sperimentò il suo metodo durante una escursione da lui compiuta nell'Europa settentrionale ed asserisce di averlo trovato soddisfacente per la semplicità e la speditezza; soggiunge tuttavolta di non poter insistere sul valore delle cifre ottenute perchè l'apparecchio non era che una prova grossolanamente costruita e presentava difetti, la cui correzione sarebbe stata facile (3).

Da canto suo, il prof. Luigi Palazzo, direttore dell'Ufficio centrale di Meteorologia e Geodinamica in Roma, mi scriveva il 13 Agosto dell'anno scorso che egli riteneva preferibile per fare osservazioni di gravità conti-

(1) *A proposito del recente disastro delle Antille, proposta e voti.* Atti della Società ligustica di Scienze naturali e geografiche Anno XIII, fasc. 2.º. Genova, 1902.

(2) *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, Tome XCV, 1882, deuzième sémestre, pag. 126.

(3) *Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences*, Tome XCV, 1882, deuzième sémestre, pag. 631.

nuate e sistematiche in sedi fisse l'apparecchio dei signori Threlfall e Pollock descritto nel periodico « Philosophical Transaction of the Royal Society of London », 1899 N.º 193, pag. 215, il quale consiste in una speciale bilancia di torsione a filo di quarzo, ed avrebbe tal sensibilità da accusare variazioni di $\frac{1}{300000}$ del valore della gravità. Non ebbi agio da allora in poi di procurarmi ulteriori particolari in proposito.

Anteriormente a tutti gli apparecchi di cui ho fatto menzione, proposti in sostituzione del pendolo, William Siemens descriveva un suo *batometro* ⁽¹⁾, il quale, quantunque destinato a segnalare a bordo ad una nave viaggiante le variazioni di profondità del mare sottostantè, avrebbe dovuto somministrare sulla terra emersa misure relative di gravità e prestarsi quindi alle accennate indagini ⁽²⁾. Ma non pare che lo strumento sia dotato di sufficiente sensibilità ed abbia corrisposto alle speranze dell'inventore ⁽³⁾. Non mi consta infatti che dopo le prime prove sia stato nuovamente messo in opera.

Da una memoria testè pubblicata dal prof. Paolo Pizzetti ⁽⁴⁾ ebbi la prima notizia di certe delicate esperienze, dalle quali risulterebbe che finalmente la fisica tecnica, sussidiata dell'analisi matematica, è in grado di offrirci un mezzo sicuro, e nel tempo stesso facile e celere in confronto agli altri, di conseguire la misura relativa della gravità e perciò di soddisfare ai desiderj già da lungo tempo espressi. La lettura di un lavoro nuovo ed esauriente del dott. O. Hecker, di cui ebbi comunicazione dalla cortesia del prof. Francesco Porro, ha quasi ⁽⁵⁾ dissipato dall'animo mio ogni dubbio in proposito, e m'induce a consegnare questi appunti al « Giornale di Geologia pratica », mosso dalla speranza di far cosa utile all'arte mineraria.

⁽¹⁾ Comptes Rendus des Séances de l'Académie des Sciences, Tome XXIII, 1876, pag. 780.

⁽²⁾ Nel batometro la forza attrattiva della terra si esercita sopra una certa quantità di mercurio contenuta in un recipiente metallico, a pareti elastiche, ermeticamente chiuso.

⁽³⁾ A proposito del batometro, vedansi le osservazioni di Helmert nel suo libro « *Theorien der höheren Geodäsie* », vol. II, pag. 366.

⁽⁴⁾ *Sopra alcune recenti determinazioni della gravità nell'Oceano Atlantico*. Nuovo Cimento, serie V, vol. IV. Pisa 1902.

⁽⁵⁾ Dico *quasi* perchè non si può asserire, senza apposite esperienze, che il nuovo metodo abbia raggiunto sufficiente sensibilità.

Il Mohn proponeva fin dal 1899 di dedurre dalle osservazioni ipsometriche gli elementi per ridurre i dati forniti dal barometro alla gravità media, e dimostrava come siffatto metodo era atto a somministrare la correzione da farsi con tale approssimazione da soddisfare alle esigenze della meteorologia (1).

Partendo da tale premessa, il dottor Hecker istituiva per incarico del prof. Helmert, nel 1900, uno studio minuzioso intorno a tre termometri ad ebullizione appositamente costruiti dalla ditta R. Fuess (2), allo scopo di verificare, mediante le osservazioni simultanee del barometro (sistema Wild-Fuess), se fossero applicabili a determinazioni di gravità, ed ottenuti risultati soddisfacenti, egli adempiva alla missione affidatagli dall'Istituto geodetico di Berlino di eseguire una serie di misure in alto mare, attraverso l'Atlantico tra Amburgo e Rio Janeiro.

Nell'andata le osservazioni, numerose ed accuratissime, furono compiute a bordo del grosso postale *Petropolis* di 6000 tonnellate, con macchine di 2200 cavalli, appartenente alla Società Amburghese-Sudameri-

(1) *Das Hypsometer als Luftdruckmesser und seine Anwendung zur Bestimmung der Schwerkorection*. Christiania, 1899.

(2) Questi termometri sono in cristallo borosilicato, con divisioni di centesimi di grado centigrado e graduazione da 97°,0 a 101°,5; ogni divisione è di 0^{mm},46. Il bulbo di ciascuno, collocato in un recipiente a doppio involucro, riscaldato a spirito e contenente circa 160 cm³ d'acqua distillata, è separato dalla superficie acqua mediante una rete metallica. Un cannocchiale orizzontale che si può muovere verticalmente, affine di eliminare gli errori di parallasse, serve a leggere le indicazioni del termometro. Alcuni minuti dopo il principio dell'ebullizione si osserva l'altezza della colonna termometrica; quella della barometrica si legge prima e dopo. Si ripete l'operazione più volte, e nell'intervallo fra due serie di letture si allontana la fiamma della lampada a spirito per mezzo minuto. Dalla nota tabella di Wiebe si desume la tensione elastica B del vapore, corrispondente alla temperatura osservata; s'intende come la differenza fra detta tensione e la pressione barometrica *b* somministri la correzione barometrica per la gravità in relazione colla formula $B - b = b \left(\frac{g}{G} - 1 \right)$, nella quale G è la gravità a 45° di latitudine a livello del mare.

L'errore medio per ogni giornata, errore che risultava da quattro serie di letture fu di $\pm 0^{\text{mm}},0015$ del valore di $B - b$, corrispondente ad un errore medio di $\pm 0^{\text{m}},00019$ del valore di *g*.

cana, lungo la linea che passa per Anversa, Cherbourg, Lisbona e Bahia; al ritorno si rinnovarono nel tratto fra Rio Janeiro e Lisbona sopra il *Tijuca*, piroscifo gemello del primo ed appartenente alla medesima società.

Gli strumenti adoperati consistono in sei ipsometri e quattro barometri a mercurio, dei quali due a registrazione fotografica, opportunissimi per le osservazioni in mare. Alcune delle misure fatte in terra furono riscontrate con osservazioni pendolari (1).

Nei dati che risultarono dalle summentovate osservazioni si introdussero: una correzione relativa ad una tenue variazione progressiva dei termometri, una dedotta dalla velocità di variazione $\left(\frac{d B}{d t}\right)$ della pressione atmosferica col tempo (l'ipsometro segna con minor prontezza del barometro queste variazioni), ed una terza per eliminare gli errori dipendenti dalle oscillazioni della nave.

La differenza fra la tensione data dall'ipsometro e la pressione barometrica vien ridotta alla gravità media, scrive il prof. Pizzetti, in base alla espressione teorica della gravità $\gamma = 980^{\text{cm}}$, $632 (1 - 0,002644 \cos. 2 \varphi)$.

Il valore di detta differenza consegue dalla anomalia $(g - \gamma)$ della gravità e dai tre termini di correzione sopra indicati (2).

Non credo sia il caso di riferir qui le cautele minuziose colle quali il dottor Hecker riuscì ad eliminare le principali cause d'errore, le norme adottate per introdurre le singole correzioni nelle cifre da lui ottenute mediante l'osservazione diretta, i calcoli compiuti per giungere a determinare gli elementi della curva rappresentante le variazioni della gravità attraverso l'Atlantico. Siffatte nozioni sarebbero superflue per chi desiderasse solo rendersi conto del principio sul quale è fondato il nuovo mezzo d'indagine. A coloro cui piacesse conoscere completamente questo metodo e sperimentarlo, non mi arrischerei di esibire una relazione di seconda mano e tanto meno un riassunto; suggerirò loro invece di consultare il recentissimo lavoro del dottor Hecker, comparso tra le pubbli-

(1) *Bericht über die Thätigkeit des Centralbureaus des Internat. Erdmessung in Jahre 1901*. Berlin, 1902.

(2) P. PIZZETTI, Memoria precitata, pag. 5.

cazioni del reale Istituto geodetico della Prussia ⁽¹⁾, lavoro particolareggiato ed accuratissimo. Da questo si vedrà come le osservazioni comparative sull'ipsometro (o meglio termometro ad ebollizione) e sul barometro a mercurio, quantunque, per sè stesse, facili e semplici, richiedono grandissima cura e precisione e non possono essere usufruttate se non da chi abbia familiarità coll'analisi matematica.

Appena conosciuto l'esito felice delle esperienze surriferite, il prof. A. Riccò, direttore dell'Osservatorio Etneo, ricordando i voti da me espressi, li ribadiva colla proposta che fossero impiantate stazioni gravimetriche presso i vulcani e nei luoghi di singolare attività sismica per avere una sorveglianza abbastanza continua dei movimenti sotterranei, ed avvertiva come il metodo di Hecker sarebbe stato facilmente applicabile ⁽²⁾.

Per le osservazioni di gravità da istituirsi in punti fissi sui monti vulcanici o attorno ad essi, affine di dedurne presagi di prossime eruzioni e di investigare le vicende relative alla ascensione e alla discesa dei magma lavici, io pure tengo per fermo che questo metodo potrà essere con gran vantaggio messo in opera quasi senza alcun mutamento; e mi auguro che la prova sia tentata il più presto possibile. Non sarebbe difficile adibire all'uopo sensibilissimi barometri registratori ⁽³⁾.

La circostanza che un nuovo e migliore assetto si è dato da alcuni mesi all'Osservatorio Vesuviano, giustifica la speranza che i nostri voti non rimarranno insoddisfatti, anche per quel vulcano, rispetto al quale la frequenza delle eruzioni rende l'esperienza più facile ed opportuna.

Rispetto alla seconda applicazione, che interessa in maggior grado i lettori del « Giornale di Geologia pratica », si affacciano difficoltà più gravi, che dipendono prima di tutto dalla necessità di trasferire da un punto all'altro delicati strumenti (il trasporto potrà essere agevolato dispo-

⁽¹⁾ *Bestimmung der Schwerkraft auf dem Atlantischen Ozean sowie in Rio de Janeiro, Lissabon und Madrid. Veröffentlichung des Königl. Preussischen geodätischen Institutes, Neue Folge, N.º 11. Berlin, 1903.*

⁽²⁾ *Determinazione della gravità in relazione ai fenomeni vulcanici e sismici. Bollettino della Società Sismologica italiana, vol. VIII. Modena, 1902.*

⁽³⁾ Si vedano in proposito le considerazioni interessanti pubblicate dal prof. Annibale Riccò nella memoria precitata.

nendo i termometri ad ebullizione e i barometri in una gabbia apposta, provvista secondo i casi di ruote o di stanghe), e in secondo luogo dalle correzioni da introdursi nei valori ottenuti quando (e sarà il caso più frequente) si riferiscono a punti situati ad altitudini diverse. Tali correzioni si renderanno più complesse e non meno necessarie, trattandosi di osservazioni fatte nell'interno di gallerie e di pozzi, dovendosi allora tener conto non solo delle differenze d'altitudine, ma ancora dell'attrazione dal basso all'alto esercitata sui barometri dai terreni sovraincombenti in ragione della propria massa.

Nello stato presente della fisica matematica, ritengo che la teoria non sia adeguata a somministrare immediatamente gli elementi dei due ordini di correzioni e si richiedano all'uopo numerose osservazioni preliminari sul terreno, da farsi, in quelle parti dei campi minerari nelle quali è ben conosciuta la costituzione del soprasuolo e del sottosuolo.

Se si pensa che alcune misure di gravità, da eseguirsi nello spazio di pochi giorni e di pochi mesi, sono suscettibili di fornire indicazioni così sicure e precise, quali forse non basterebbero ad ottenerle migliaia di metri di gallerie e di pozzi, con ingente spreco di tempo e di danaro, apparisce ad ogni occhio veggente la convenienza di profittare del sussidio insperato che le discipline sorelle porgono in questo momento all'arte delle miniere. Non spetta all'Italia, che possiede nell'isola d'Elba un tesoro di metalli chiuso in breve spazio, l'onore e il dovere, per proprio vantaggio e decoro, di prendere l'iniziativa di questo nuovo mezzo d'indagine così razionale e promettente?

A. ISSEL

Estratto dal «Giornale di Geologia pratica»
Volume I, fasc. III
