

ATTI  
DELLA  
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCVI.

1909

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XVIII.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1909

Fisica. — *Sulle misure sistematiche delle temperature dei prodotti vulcanici caldi od incandescenti e sui migliori metodi per effettuarle.* Nota di EMILIO ODDONE, presentata dal Socio BLASERNA.

Un ben inteso programma di studio sul vulcanismo deve comprendere in prima linea la determinazione delle temperature degli aeriformi caldi e delle deiezioni incandescenti che provengono dai vulcani. Occupandocene in questa Nota, manterremo per motivi da dirsi in seguito, una divisione tra i metodi che si prestano alla determinazione delle temperature degli aeriformi e quelli che si confanno alle analoghe indagini per le lave e le scorie.

1) *Determinazione della temperatura delle fumarole.* Le determinazioni di temperatura dei prodotti aeriformi vulcanici sono numerosissime, però un gran numero lasciano il dubbio che non siano state condotte col dovuto rigore, specie quelle ad alta temperatura, nelle quali l'incertezza delle misure cresce rapidamente. Salvo rari casi, non appena la temperatura superò le solite scale dei termometri ordinari, si ricorse al primordiale metodo della fusione dei metalli, impiegando una serie di poche sostanze, per es. limitando i saggi ai fili di stagno, di piombo, di zinco ecc. e provando quali di questi fili fondono al calore della sorgente <sup>(1)</sup>. Questo corrisponde ad approssimarsi alla temperatura cercata con errori che possono salire anche al 40 %. Altro manco è, che, generalmente sono state iniziate dopo un massimo di sviluppo delle fumarole, per cui l'osservatore ha in prevalenza seguito il solo andamento della temperatura discendente; inoltre si sono gli osservatori piuttosto preoccupati di stabilire un confronto termometrico tra fumarole simultaneamente apparse qua e là sulla superficie del cono vulcanico, anziché proseguire le osservazioni sistematiche alle medesime fumarole per mesi ed anni allo scopo di indagare quale funzione la loro temperatura sia del tempo.

Che si debbano invece istituire delle misure rigorose e frequenti, lo provano le osservazioni recentissime di F. A. Perret, pubblicate nel « The American Journal of science », vol. XXVIII, n. 167, 1909. Esse sono pochissime, e nondimeno istruttive. Come introduzione, Perret lamenta che nell'attuale riposo del Vesuvio, che dura da tre anni, non si siano fatte regolari osserva-

<sup>(1)</sup> Nelle manifatture di porcellana, a contenere i forni tra dati limiti di temperatura, si usano le serie delle *montres fusibles de Seger*, preparate con sabbia, feldspato, carbonato di calcio e caolino in varie proporzioni variamente fusibili di 15° in 15° tra 500° e 1800°. Non ho però mai inteso che esse sieno state impiegate in vulcanologia.

zioni di temperatura <sup>(1)</sup>, nè si sia almeno determinata la variazione della composizione chimica delle emanazioni gassose <sup>(2)</sup>. Cerca di dimostrare la importanza delle osservazioni fatte, non alle fumarole *secondarie* che provengono dalle lave fluenti ed hanno vita effimera, ma alle fumarole *primarie* che escono da vere lesioni nell'apparato vulcanico e sono probabilmente collegate colle condizioni interne del vulcano. Di speciale interesse sono per lui le misure fatte in quell'intervallo di riposo del vulcano, compreso tra la fine di un periodo attivo ed il principio del successivo. Con l'intento quindi di afferrare quest'intervallo di vita vulcanica, durante il quale le fumarole dopo essersi raffreddate ( $\frac{dT}{dt}$  negativo), passano per un minimo ( $\frac{dT}{dt} = 0$ ) e riprendono un andamento ascendente ( $\frac{dT}{dt}$  positivo);

egli in mesi diversi, fece alcune determinazioni ad una fumarola primaria situata sul fianco Nord del cono vesuviano. Dato il riposo del vulcano dopo la grande eruzione del 1906, era da attendersi che queste fumarole andassero raffreddandosi; però quando ai primi del 1908 Perret intraprese le sue osservazioni, notò che la temperatura percorreva già il suo ramo ascendente. Infatti nei primi giorni del 1908 con un pirometro elettrico trovò 323° C., il 5 marzo 344°; ed il 3 settembre 435°. Questa serie che si annunziava interessante, fu interrotta per via dei cercatori di minerali vesuviani, i quali guastarono la fumarola. In una nuova serie la temperatura fino a tutto luglio 1909 ebbe ancora un andamento ascendente, e l'aumento di temperatura risulta anche dalle osservazioni ad un'apertura vicina: addì 9 luglio la temperatura era di 300° ed addì 14 agosto 308°.

Qualunque sia per essere la spiegazione di quest'aumento di temperatura <sup>(3)</sup> abbiamo data larga recensione alle osservazioni del Perret perchè portano un contributo ad una questione tra le più importanti in un programma di studi sperimentali sui vulcani.

Se gli antichi metodi avessero prevalso, quelle particolarità sarebbero quasi sfuggite e ne saremmo ancora a ritenere la temperatura di quelle fumarole come compresa circa tra il punto di fusione del piombo e quello dello zinco.

<sup>(1)</sup> Il prof. C. Chistoni, se ragioni di delicatezza non glielo avessero vietato, avrebbe già da tempo intrapreso la determinazione delle temperature delle fumarole al Vesuvio: egli le iniziò alla solfatara di Pozzuoli. L'A. di questa Nota, due anni or sono, ebbe il piacere un giorno di prendere parte e coadiuvare il prof. Chistoni in queste misurazioni.

<sup>(2)</sup> È noto che vi è relazione tra la qualità dei prodotti emessi dalle fumarole e la loro temperatura: per es. le fumarole prevalentemente acquose hanno una temperatura sotto i 100°, quelle acide e contenenti sali ammoniacali segnano al termometro da 200° a 500°; infine quelle a cloruri alcalini hanno temperature tra i 500° ed i 1000°.

<sup>(3)</sup> Probabilmente una maggiore attività delle fumarole durante i minimi barometrici.

La prometria ha negli ultimi anni fatto dei progressi che i vulcanologi dovrebbero conoscere e seguire. Il suo merito non è di avere trovati metodi più rigorosi che pel passato; ma di averne escogitato dei più pratici. Niun metodo moderno ha sorpassato in sensibilità il metodo del termometro a gas a bulbo di porcellana o di platino-iridio, il metodo chimico basato sulla densità dei vapori di iodio o di mercurio, il metodo calorimetrico a masse poco fusibili e dal calore specifico ben noto, il metodo acustico che dà la temperatura in funzione della lunghezza d'onda che un tono produce nell'aria riscaldata. In campagna però questi metodi non sono pratici, e se il Bartoli seppe valorosamente impiegarli in faccia alle lave fluenti, ciò non costituisce la regola.

Dei metodi pirometrici a sistema pratico ne abbiamo che vanno scartati perchè poco esatti, ed altri che in campagna presentano difficoltà, ma difficoltà che si possono superare. Nel primo gruppo stanno taluni *pirometri a dilatazione lineare*: la sostanza impiegata è per lo più l'argilla, il cui coefficiente di dilatazione negativo dipende, si sa, anche dalla durata del riscaldamento. Al secondo gruppo appartengono tutti i restanti metodi e per incominciare i *pirometri a mercurio*. Quando un tubo termometrico contiene un gas neutro, la cui pressione cresce a misura che il mercurio si dilata, potrà segnare temperature assai superiori a quelle cui bolle il mercurio a pressione ordinaria. I termometri che costruisce il Fuess in vetro poco fusibile sono atti a sopportare delle pressioni fino a 30 atmosfere ed a segnare fino a 500°. Con speciali disposizioni potrebbero servire al nostro scopo. Il bulbo può anche farsi di quarzo (firma Dr. Siebert e Kühn in Hanau); nel Reichanstalt di Berlino se ne è confrontato uno, il quale segnava giusto fino a 710°: nell'interno si aveva allora una pressione di 60 atmosfere.

Migliore prova potranno forse fare in vulcanologia i *pirometri elettrici*, sia quelli a resistenza, sia quelli *termo-elettrici*. Occorrono peraltro alcune precauzioni. Una prima è di non impiegarli per temperature superiori ai 700°, e ciò tanto per evitare una sgraziata fusione degli isolanti, quanto perchè da quelle temperature in poi sono preferibili i metodi a radiazione. Le resistenze e le saldature devono essere ben isolate, onde i metalli volatili del focolare non le attacchino rapidamente. È infine indispensabile di verificare di tanto in tanto le costanti strumentali.

Nei pirometri a resistenza si utilizzano le variazioni della resistenza elettrica di un filo di Pt in funzione della temperatura. Si possono compendiarne in una cassetta portatile le parti necessarie per stabilire questa variazione, e cioè la pila, il galvanometro ed il reostato. I galvanometri sono astatici, ad ago del tipo d'Arsonval, costruttori: Keiser e Schmidt; Siemens e Halske; Pellin; Wester; Appleyard; Officine Galileo; ecc. Le divisioni sono in microvolta. I reostati sono circolari, composti di un certo numero di bo-

bine da 1 Ohm caduna. Si legge la divisione corrispondente a due bobine successive e per interpolazione si ha il valore reale della resistenza. S'usano anche reostati a filo con variazione continua, avvolti sopra un piccolo cilindro di marmo. La resistenza ben isolata è protetta da una guaina di ferro che si potrà lanciare o piantare anche alla profondità di un metro nel terreno caldo. Questi pirometri hanno il vantaggio che il galvanometro può essere situato lontano dal focolare e possono così prestarsi alla registrazione meccanica.

I pirometri termo-elettrici si fondano sulla determinazione della F. E. M. generata da una coppia termo-elettrica esposta alla temperatura da misurare. Il galvanometro sarà ancora uno astatico, dei tipi sovraindicati ed in quanto alle coppie potrà scegliersi tra l'elemento Barus a Pt + Pt col 20 % d'iridio, o l'elemento Le Chatelier a Pt + Pt col 10 % di rodio. I fili sono saldati per fusione ossidrica. L'*European electrical instrument Co.* Newark fornisce l'apparato portatile del Schönstjes: la casa Keiser e Schmidt quello Le Chatelier che più facilmente può essere campionato dal Reichenstalt di Berlino. In essi si legge direttamente la corrente generata sopra un circuito di poca resistenza. Il metodo d'opposizione che s'impiega coi pirometri che fabbricano le Officine Galileo di Firenze ci sembra preferibile. Esso consiste nel determinare la porzione di una F. E. M. fissa (data da una pila costante) che occorre introdurre in circuito per bilanciare esattamente, attraverso un reostato ed un galvanometro molto sensibile, quella data dalla coppia termo-elettrica.

Alla determinazione delle temperature delle fumarole questi metodi provvedono a sufficienza e proseguiti per un certo tempo, ed associati a sistematiche determinazioni della quantità degli aeriformi svolta nell'unità di tempo in m. c. quali si possono effettuare con un contatore portatile, permetteranno forse, e sia lecito sperarlo, di argomentare qualche cosa sull'andamento delle tensioni interne del vulcano.

2) *Determinazione delle temperature delle lave e delle scorie.* Quando la temperatura delle deiezioni vulcaniche sarà così alta da impartire loro l'incandescenza, e quando le condizioni sotto cui quelle si possono osservare soddisfano alla legge di Lambert, crediamo sia meglio ricorrere ai *pirometri a radiazione*.

La formazione di un apparato eruttivo dà l'aspetto di un vasto campo in fiamme, dominato da riflessi rossastri. Le lave vi hanno in generale un color rosso vivo, qualche volta arrivano ad un'incandescenza abbagliante e si presentano di color bianco argenteo.

Il calore che emanano è tale che, a una distanza minore di 10 metri, non si può resistere a star loro dinanzi. Le radiazioni termiche, nelle loro vicinanze, attivano i bolometri; le radiazioni ottiche affettano anche da lontano i fotometri e si può arrivare cogli uni e cogli altri, a conoscere la tem-

peratura della sorgente incandescente, perchè per le sostanze che si possono considerare nere <sup>(1)</sup>, corrono tra le radiazioni ottiche e le termiche delle relazioni note.

Questi metodi *fotometrici* e *bolometrici*, si suddividono alla lor volta in *metodi a superficie* ed in *metodi spettrali*.

L'occhio esercitato, in prima approssimazione può scindere l'incandescenza delle lave nelle 10 tonalità convenzionali, dal rosso nascente al bianco splendente. Pouillet determinò la temperatura corrispondente alla prima tinta in 525°; e per le altre successivamente: 700°, 800°, 900°... 1500°.

Col *fotometro a superficie* (tipi Le Chatelier, Holborn e Kurlbaum, Weber, ecc.) si farà variare l'intensità della lampada campione fino a ridurla eguale a quella che avrà la lava incandescente. Questa lampada sta nel foco dell'obbiettivo di un cannocchiale attraverso al quale giunge anche la luce emessa dalla lava. L'osservatore, attraverso l'oculare, vede sovrapporsi i due bagliori e li dovrà rendere uguali con metodi acconci, per es., variando le resistenze del circuito elettrico della pila <sup>(2)</sup>. Si istituiranno allora misure relative di intensità di luce prodotte dalle radiazioni ottiche della lampada e da quelle di un corpo nero riscaldato a nota temperatura.

Antesignane sono le esperienze del Rossetti colla pila Melloni. Ancora servirebbero egregiamente alle determinazioni di temperatura delle lave. In uso è però oggi il *bolometro a superficie*, tipo Wilson-Gray, al quale si applica la legge di Stefan sull'energia totale emessa da un corpo assolutamente nero. La legge si esprime colla relazione:

$$\int_0^{\infty} E(\lambda T) d\lambda = CT^4$$

e vale fino a 1500°. L'apparecchio consiste in un cannocchiale ad obbiettivo di spato fluoro. Nel fuoco di esso obbiettivo le cose sono così disposte che la saldatura di un termo-elemento ferro-costantana fa da radiomicrometro. Si eseguisciono misure relative di intensità di corrente, prodotte dalle radiazioni della lava vicina e da quelle di un corpo nero a nota temperatura.

Tra i *fotometri spettrali*, quello di Warner e Paschen funziona da pirometro. Questo apparato lascia solo entrare raggi entro dati limiti di lunghezza di onda. Se  $E_0$  è l'intensità luminosa di una lampadina da 6 Volta

<sup>(1)</sup> E la lava si trova in queste condizioni: ha cioè per moderate temperature un coefficiente d'emissione prossimo all'unità.

<sup>(2)</sup> Un artificio permette di operare anche alle grandi distanze alle quali il campo apparente della lava incandescente non arriva ad interessare l'intero campo visivo del cannocchiale. Consiste nel creare attorno all'immagine della lava una luminosità artificiale di splendore intrinseco eguale a quello della lava stessa.

di cui si conosce la temperatura  $T$ , esso fotometro dà il rapporto  $\frac{E}{E_0}$ ,  $E$  essendo l'intensità luminosa dei raggi a data lunghezza d'onda dei prodotti vulcanici incandescenti. La temperatura  $T$  si potrà ricavare dalla formola di irradiazione:

$$\lg \frac{E}{E_0} = \frac{c}{\lambda} \left( \frac{1}{T_0} - \frac{1}{T} \right)$$

ove le  $T$  indicano temperature assolute,  $c$  è una costante. Per temperature altissime si prenderà per luce campione un disco di vetro smerigliato, illuminato a distanza fissa da una lampada ad amilacetato (<sup>1</sup>).

Infine nel *bolometro spettrale* per determinare la temperatura ci si vale della nota relazione:

$$\lambda_m T = \text{costante},$$

$\lambda_m$  è la lunghezza d'onda a cui nello spettro corrisponde il massimo d'intensità termica. Il valore di  $T$  risente dell'incertezza della costante, la quale fu trovata oscillare tra i due valori 2940° per i corpi assolutamente neri e 2626° per platino.

Con questi metodi a radiazione si potrà studiare quel fattore principale del dinamismo delle lave che è la temperatura fino ai suoi valori più alti. Le osservazioni proseguite durante il periodo del raffreddamento potranno dare anche il coefficiente di conducibilità calorifica esterna delle lave *in situ*.

(<sup>1</sup>) Anche il *fotometro spettrale* del Fery funziona da pirometro d'assorbimento. Tra larghi limiti di  $\lambda$ , l'intensità ha l'espressione:

$$J = Ae^{-\frac{a}{\tau}}$$

Mediante un mezzo assorbente, di solito mediante delle lastre cuneiformi più o meno trasparenti e dello spessore variabile  $x$ , si riduce lo splendore delle lave eguale a quello  $i$  della sorgente di confronto. Sarà:

$$i = J e^{-bx}$$

$b$  essendo il coefficiente di assorbimento di quelle lastre. Dalle due formule ora scritte risulta la terza:

$$x = p - \frac{q}{\tau}$$

$p$  e  $q$  sono fattori di proporzionalità che, analogamente a quanto si fa cogli altri pirometri a radiazione, si determineranno empiricamente valendosi dell'irradiazione di un corpo nero la cui temperatura si misura a parte. Conosciute queste costanti, e noto  $x$ , si potrà ricavare il  $\tau$ .