

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCII.

1905

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XIV.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVICCI

1905

3. Facciamo ora l'ipotesi speciale che le semi-somme σ_μ, s_μ ($\mu = 1, 2, \dots, p$) siano numeri interi. È chiaro che in tal caso, operando sulla (III)', precisamente come si è operato sulla (III), si otterrà come corrispondente alla (H) la relazione:

$$(H)' \quad 2^p \sum_{i=1}^{i=n} \left\{ \left(\gamma, \varepsilon^{(i)} + \alpha \right) \right. \\ \left. \left(g, \eta^{(i)} + a \right) \right\} = n \sum_{i=1}^{i=m} (-1)^\mu \sum_{\mu}^{\sum (\varepsilon_\mu^{(i)} a_\mu + \eta_\mu^{(i)} a_\mu)} \left\{ \left(\gamma, \bar{\varepsilon}^{(i)} \right) \right. \\ \left. \left(g, \bar{\eta}^{(i)} \right) \right\}'$$

e di qui poi come corrispondente alla (K) la formola:

$$(K)' \quad 2^p \sum_{i=1}^{i=n} (-1)^\mu \sum_{\mu}^{\sum (\varepsilon_\mu^{(i)} a_\mu + \eta_\mu^{(i)} a_\mu)} \left\{ \left(\gamma, \varepsilon^{(i)} \right) \right. \\ \left. \left(g, \eta^{(i)} \right) \right\} = n \sum_{i=1}^{i=m} \left\{ \left(\gamma, \bar{\varepsilon}^{(i)} + \alpha \right) \right. \\ \left. \left(g, \bar{\eta}^{(i)} + a \right) \right\}'$$

Pertanto: nell'ipotesi che le σ_μ, s_μ ($\mu = 1, 2, \dots, p$) siano numeri interi, si può sostituire alla relazione (IV) la relazione più semplice:

$$(IV)' \quad 2^p \sum_{i=1}^{i=n} (-1)^{(\omega^{(i)}, \beta)} \left\{ \left(\gamma, \varepsilon^{(i)} + \alpha \right) \right. \\ \left. \left(g, \eta^{(i)} + a \right) \right\} = \\ = (-1)^{(\beta, \lambda)} n \cdot \sum_{i=1}^{i=m} (-1)^{(\bar{\omega}^{(i)}, \lambda)} \left\{ \left(\gamma, \bar{\varepsilon}^{(i)} + \beta \right) \right. \\ \left. \left(g, \bar{\eta}^{(i)} + b \right) \right\}'$$

Fisica terrestre. — Sulla radioattività dei soffioni boraciferi della Toscana e sulla quantità di emanazione in essi contenuta. Nota preliminare del Corrispondente R. NASINI e dei dottori F. ANDERLINI, e M. G. LEVI.

Già dall'ottobre 1904 abbiamo iniziato una estesa serie di ricerche sulla radioattività della regione toscana dei soffioni boraciferi: esse vennero continuate fino ad ora ad intervalli di tempo, e verranno con certezza condotte a termine tra qualche mese. Mentre ci riserbiamo di dare allora estesa relazione del copiosissimo materiale sperimentale raccolto, ci limitiamo per ora a dare un breve resoconto delle indagini eseguite e dei risultati ottenuti che ci sembrano presentare qualche interesse, sia per la conoscenza speciale dei fenomeni vulcanici della regione toscana, sia per lo studio più generale dei fenomeni di radioattività.

Premettiamo che tale studio non si sarebbe potuto iniziare e continuare senza gli aiuti materiali e morali che ci pervennero da diverse parti. Riscirà facile comprendere che ricerche del genere di quelle che andremo esponendo, eseguite in luoghi lontani e spesso poco praticabili, esigono molto

lavoro, molti strumenti e materiale scientifico, e forti spese: a superare queste difficoltà ci aiutò in primo luogo quell'illuminato industriale e scienziato insigne che è il dott. Ludwig Mond di Londra: con largo aiuto finanziario e con consigli pratici preziosissimi, egli ci diede modo di iniziare e di continuare poi fiduciosamente le nostre ricerche; l'esempio generoso del dott. Mond seguì il Governo venendoci in aiuto con un discreto sussidio. Ultimi ricordati ma primi sempre quando si tratta di appoggiare materialmente e moralmente un'iniziativa scientifica, il Senatore Conte Florestano De Larderel ed il Deputato Principe Piero Ginori-Conti; il Conte De Larderel degno continuatore delle tradizioni di quell'illustre e benefica famiglia che ha fondato l'industria boracifera della Toscana, che ha dato nome glorioso e vita fiorente ad una intera regione: il Principe Piero Ginori-Conti, giovane patrizio dalle ardite ed intelligenti iniziative, legato al Conte De Larderel, oltre che da vincoli di parentela, da un entusiasmo vivissimo nel far progredire e sviluppare quell'industria che vanta ora i due gentiluomini a suoi capi principali, e che deve a loro il suo attuale rigoglioso progresso. Essi ci accolsero nelle loro fabbriche, ci ospitarono e ci ospitano con cordialità eccezionale nelle loro case, posero e pongono continuamente a nostra disposizione stanze da lavoro, mezzi di trasporto, operai intelligentissimi che ci aiutano negli innumerevoli bisogni dei nostri lavori. Grazie a questa ospitalità ed a questi aiuti, ci è stato possibile organizzare a Larderello un laboratorio completo per ricerche chimiche e fisiche, ed un impianto per la liquefazione dell'aria.

A tutti coloro che generosamente ci aiutarono e ci aiutano, rivolgiamo fin d'ora il nostro caldo ringraziamento, augurandoci ci sia dato di poter dimostrare che mercè loro abbiamo potuto giungere a risultati non indegni del benevolo appoggio prestatoci.

La nostra attenzione speciale sulle emanazioni gassose della Toscana e sulla loro radioattività fu richiamata fin dal tempo in cui apparvero i primi lavori di Elster e Geitel sulla radioattività atmosferica e le prime ricerche di Ramsay sulle relazioni esistenti tra radio ed elio; già fin dal 1896 due di noi ⁽¹⁾ avevano riscontrato la presenza di notevolissime quantità di elio nelle emanazioni gassose della Toscana, e lo studio continuato poi su tutte le principali emanazioni terrestri italiane ⁽²⁾ aveva dimostrato come la massima quantità d'elio fosse appunto contenuta nei gas dei soffioni boraciferi, che anche rispetto agli altri gas non italiani contenenti elio, risultano tra i più ricchi, superati forse e soltanto dai gas della sorgente di Bath; nel marzo dello scorso anno alcuni campioni di gas prelevati dai soffioni boraciferi di

(1) Nasini, Anderlini e Salvadori, Memorie Acc. Lincei, serie 5^a, vol. II, pag. 375.

(2) Nasini, Anderlini e Salvadori, Memorie Acc. Lincei, serie 5^a, vol. V, pag. 25.

Larderello ed esaminati dopo parecchi giorni nel nostro laboratorio a Padova dimostrarono una notevole radioattività⁽¹⁾; questo fatto, unito all'altro della presenza dell'elio in quantità rilevanti, c'indusse ad uno studio più esteso di tutta la regione boracifera toscana. Prima però di accingerci definitivamente all'indagine completa della regione, ci parve opportuno di esaminare la radioattività dalle principali emanazioni gassose italiane per vedere se, eventualmente, su qualche altra di esse fosse stato utile rivolgere la nostra attenzione. L'esame della radioattività venne sempre fatto col metodo elettroscopico, servendoci degli apparecchi di Elster e Geitel costruiti dalla Ditta Günther e Tegetmeyer di Braunschweig: più tardi trovammo opportuno di modificare, per qualche caso speciale, gli apparecchi originali, ma di queste modificazioni tratteremo estesamente nella futura pubblicazione, come pure tratteremo allora delle diverse modalità d'esperienza, di depurazione dei gas, ecc. Di tutti i prodotti gassosi esaminati in condizioni confrontabili, quelli che si dimostrarono più attivi sono i gas delle sorgenti termali di Abano⁽²⁾, seguono quelli dei soffioni boraciferi, e poi quelli della Grotta del Cane presso Napoli. I gas di Abano mostrano un'attività che è circa 5 volte maggiore di quella dei gas della Toscana: ad onta però di quest'attività notevolmente maggiore, ci parve opportuno di fissare definitivamente la nostra attenzione sui gas dei soffioni per parecchie ed evidenti ragioni. Nell'iniziare le nostre ricerche noi ci prefiggevamo, oltre allo scopo più generale di studiare l'attività di una interessante ed estesa regione vulcanica, anche quello precipuo di concentrare fino al limite che ci sarebbe riuscito di raggiungere, l'emanazione radioattiva contenuta nei gas, per studiarne poi accuratamente le proprietà: ideale sommo era, ed è naturalmente, quello di arrivare all'emanazione pura. Ora per questo lavoro di concentrazione si prestano assai meglio i gas dei soffioni che quelli delle terme d'Abano: prima di tutto per la loro stessa composizione, come si può vedere dai lavori già citati sulle emanazioni gassose italiane; circa il 94 % dei gas dei soffioni è costituito da anidride carbonica ed idrogeno solforato, vale a dire da gas con tutta facilità eliminabili per assorbimento, il che non si può dire per i gas di Abano che di componenti assorbibili dalla potassa non contengono che circa il 13 %.

Di più una condizione assai favorevole per il lavoro di Larderello è dovuta al fatto che là i gas sono già incondottati a scopo industriale ed escono

(1) Nasini, *Ricerche sulla radioattività in relazione con la presenza dell'elio*, Rend. Acc. Lincei, 1° sem. 1904, pag. 217.

(2) Vedi la comunicazione preliminare di R. Nasini, fatta al R. Ist. Veneto di Sc. Lett. ed Arti il 30 ott. 1904, vol. 64, pag. 44.

Vedi poi gli interessanti lavori di G. Vicentini e collaboratori sulla radioattività dei prodotti delle sorgenti termali Euganee, negli stessi Atti del R. Ist. Veneto, 63, pag. 583; 64, pag. 96; 64, pag. 535; 64, pag. 1188.

dai condotti con notevoli pressioni di modo che la loro presa anche in forti quantità riesce rapida e facilissima, come pure riesce facile il farli gorgogliare attraverso alte colonne liquide assorbenti.

Un primo esame della radioattività dei gas di soffioni diversi dimostrò subito come il valore di essa vari nei diversi soffioni; l'esame fu allora esteso ad un grande numero di soffioni (circa un centinaio) delle fabbriche di Larderello, di Serrazzano, di Castelnuovo, di Monterotondo, del Sasso, del Lago, di Lustignano e di Travale, e si trovarono sempre dei valori di attività che espressi in Volt di dispersione per ora nell'elettroscopio di Elster e Geitel con campana metallica alta 33 cm., del diametro di 19 cm. e quindi della capacità di circa 9300 cc., oscillano tra un minimo di 500 Volt ed un massimo di 20000 Volt per ora: i valori più bassi furono trovati nei soffioni di Travale i quali, lo diciamo subito, sono anche caratterizzati dalla ricchezza minima in acido bórico: la radioattività di uno stesso soffione, esaminata in epoche diverse, non mostrò subire variazioni col tempo.

Si cercò subito di vedere se esisteva qualche relazione tra l'attività dei diversi gas e le caratteristiche, diremo così, fisiche e chimiche con le quali il soffione esce dal suolo: composizione chimica, ricchezza in vapor acqueo, temperatura, pressione, profondità. Per quanto riguarda la composizione chimica essa si manifesta approssimativamente abbastanza costante nelle diverse località; si trovano delle notevoli oscillazioni nel contenuto in CO_2 soltanto nei soffioni di Monterotondo: subiscono invece variazioni fortissime le quantità di vapor acqueo (dove la distinzione in soffioni secchi ed umidi), la temperatura (variante da 100° a 190° nei soffioni esaminati), la pressione che può superare le 4 atmosfere, la profondità alla quale il soffione è stato trovato e che può arrivare fino a 170 metri.

Con nessuna di queste proprietà del soffione sta in relazione la sua attività: è assai verosimile invece che le variazioni di essa dipendano dalla diversità degli strati attraversati dal soffione prima di arrivare alla superficie: ci riserbiamo di concludere in avvenire sopra un'eventuale relazione tra l'attività del soffione e la sua ricchezza in acido bórico.

Numerose ricerche furono eseguite allo scopo di vedere se l'emanazione radioattiva contenuta nei gas dei soffioni, è emanazione di radio. A tale scopo si seguirono due vie: si studiò la perdita d'attività dei gas col tempo e si studiò inoltre la perdita d'attività indotta in fili metallici tenuti a circa 2000 Volt e immersi in un recipiente pieno di gas, oppure tesi all'aria in luoghi diversi; tutti e due i mezzi di ricerca ci convinsero trattarsi di emanazione di radio.

Furono eseguite anche esperienze fotografiche: i gas naturali depurati con ogni più scrupolosa cura dell' H_2S e disseccati, impressionano sensibilmente le lastre con pose di circa 24 ore; bastano invece pose di 4 ore quando in luogo di gas naturale si adoperi il residuo che si ottiene da quello, per assor-

bimento con soluzione di idrato potassico, cioè per eliminazione di CO_2 e di H_2S .

Per avere un'idea anche approssimata della quantità di emanazione contenuta nei nostri gas, istituimmo ancora confronti tra l'attività loro e quella dei gas, delle sorgenti termali di Badgastein (Grabenbäckerquelle) che ci potemmo procurare dalla cortesia del sig. L. Schurk e che, come è noto, sono i più attivi tra quelli esaminati da Curie e Laborde⁽¹⁾ e da loro confrontati con l'emanazione ottenuta direttamente da soluzioni di bromuro di radio. Inoltre, per avere dati anche più direttamente confrontabili eseguiamo anche noi delle ricerche sopra l'emanazione ottenuta direttamente da soluzioni diversamente concentrate di bromuro di radio puro (R. Stahmer, Amburgo) e rimaste in contatto con aria tempi diversi. Per il calcolo della quantità di emanazione ci servimmo dei dati di W. Ramsay e F. Soddy⁽²⁾ secondo i quali 1 gr. di radio produce 3×10^{-6} mm. cubi di emanazione per minuto secondo.

Risulterebbe che il gas di un soffione di Larderello il quale dà nell'elettroscopio di Elster e Geitel una dispersione di circa 12000 Volt per ora, contiene in 1 m. cubo, mm. cubi $1,5 \times 10^{-5}$ di emanazione: questo numero per quanto sia piccolo pure dimostra quanta emanazione radioattiva venga cacciata fuori assieme ai gas dei soffioni, se si tien conto che si tratta di centinaia di fori che eruttano senza dubbio molte e molte migliaia di metri cubi di gas in brevissimo tempo. Sulla portata di diversi soffioni stiamo appunto ora istituendo speciali ricerche.

Alla concentrazione dell'emanazione radioattiva si rivolsero poi e si rivolgono ora in modo speciale i nostri sforzi. Mano mano che i gas dei soffioni vengono liberati dall'anidride carbonica, dall'idrogeno solforato, dall'idrogeno, dal metano ecc. cioè mano mano che si concentrano i gas inerti contenuti nel gas naturale, si concentra anche, ed in modo esattamente proporzionale, l'attività: un gas, che allo stato naturale produceva una dispersione di circa 12000 Volt per ora, una volta liberato di CO_2 ed H_2S dà una dispersione di circa 200000 Volt per ora, aumento esattamente proporzionale alla riduzione del 94% che ha subito il gas.

L'emanazione radioattiva contenuta in questo residuo privo di CO_2 ed H_2S è circa 20 volte più concentrata che nel gas naturale; se quindi si tien conto che 1 m. cubo di quello contiene mm. cubi $1,5 \times 10^{-5}$ di emanazione, si può facilmente calcolare che per ottenere la quantità di emanazione ottenuta da Ramsay e Soddy (loco citato) in un giorno da 60 mgr. di bromuro di radio, occorrono circa 90 m. cubi del nostro gas concentrato. Siccome poi, come risulta dalle nostre esperienze, l'emanazione si concentra tutta nel residuo ultimo di gas inerti, residuo che è di 3 litri per m. cubo di gas naturale e quindi per 60 litri del gas concentrato senza CO_2 e H_2S , avremo ancora che

(1) Compt. Rend., 138, 1150, 1904.

(2) Proc. of the Royal Society, vol. 73, pag. 346 (lettura aprile 1904).

per ottenere sempre la stessa quantità di emanazione occorreranno circa 4,5 m. cubi del nostro residuo finale.

La via per concentrare, nel nostro caso, l'emanazione è quindi chiaramente tracciata. Il gas naturale viene prima liberato da CO_2 ed H_2S per assorbimento attraverso lunghe colonne di soluzione di potassa: resta così un gas assai bene combustibile contenente idrogeno, metano, azoto ed i gas inerti: l'idrogeno ed il metano vengono abbruciati per combustione in tubo di platino oppure in tubo di porcellana con asbesto platinato in corrente d'ossigeno; assorbita l'anidride carbonica che si forma, restano ossigeno, azoto e gas inerti, e qui si possono seguire due vie: o ricorrere addirittura alla condensazione dell'emanazione con l'aria liquida senza togliere prima l'ossigeno e l'azoto, oppure togliere prima questi allo scopo di aver a che fare con un residuo minore, per assorbimento con rame rovente e miscuglio di calce e magnesio, e poi passare al trattamento con l'aria liquida.

A tale scopo il gas residuo viene fatto passare attraverso un tubo ad U di vetro sottile immerso nell'aria liquida contenuta in un recipiente di Dewar; il gas che esce dal tubo raffreddato è completamente inattivo e tutta l'emanazione si condensa nel tubo stesso: noi abbiamo già eseguite esperienze in questo senso ed abbiamo potuto constatare che partendo da una quantità nota di gas naturale, tutta l'emanazione in esso contenuta si può ottenere condensata: questo dimostra che i diversi trattamenti a cui viene sottoposto il gas, assorbimenti con potassa, combustione in tubo di platino ecc., non esercitano influenza alcuna sull'emanazione presente la quale passa inalterata fino ad operazione finita, corrispondentemente alla sua natura di gas inerte. Una volta condensata l'emanazione nel tubo raffreddato, si tratta d'isolarla dal residuo di gas che necessariamente l'accompagna: a tale scopo il tubo che è di vetro poco fusibile porta lateralmente un'appendice orizzontale contenente del rame metallico precedentemente ridotto: il gas contenuto nel tubo, che si mantiene sempre immerso nell'aria liquida, viene completamente spostato con ossigeno elettrolitico dopo di che le estremità vengono chiuse alla lampada; in tal modo rimane nel tubo chiuso l'emanazione mescolata ad ossigeno in presenza del rame. Arroventando quest'ultimo, l'ossigeno viene fissato e resta l'emanazione pura che può essere isolata anche dal rame portando via con un dardo di fiamma l'appendice laterale che lo contiene; anche quest'ultima operazione viene eseguita naturalmente tenendo il tubo ad U immerso nell'aria liquida.

È questione ora per noi di compiere tutto questo lavoro di concentrazione su vasta scala, organizzando apparecchi e dispositivi sperimentali in modo da poter lavorare in un tempo relativamente breve parecchie centinaia di metri cubi di gas. Tutto l'occorrente è già pronto ed il lavoro verrà tra poco iniziato. Esso ci darà modo, oltrechè di concentrare l'emanazione, di ottenere anche un abbondante residuo costituito da gas inerti ai quali rivolgeremo speciali ricerche giovandoci specialmente degli ultimi metodi di separazione proposti da Dewar e fondati sull'assorbimento operato da carbone raffreddato

con aria liquida: esperienze preliminari eseguite anche in questo senso ci hanno già dato promettenti risultati.

Per completare lo studio della regione abbiamo anche preso in esame una quantità di materiali solidi di qualità e di origine diversissima: rocce, incrostazioni, fanghi di lagoni ecc.

Fino ad ora riscontrammo attività notevole soltanto in alcuni graniti dell'isola d'Elba e su questi come anche su altri materiali solidi stiamo ora eseguendo esperienze; una debole attività fu riscontrata pure in un fango dei lagoni di Serrazzano.

Nella prossima estesa pubblicazione esporremo anche i risultati di una serie di ricerche d'indole fisica sui fenomeni della radioattività in genere, ricerche a cui fummo indotti dalla eccezionale circostanza di poter avere sempre a nostra disposizione nel laboratorio di Larderello una presa di gas radioattivo, e di radioattività costante, che si presta assai bene alle più svariate esperienze.

Fisica terrestre. — Risultati pireliometrici ottenuti dal 3 luglio al 21 agosto 1902 al R. Osservatorio Geofisico di Modena. Nota di CIRO CHISTONI, presentata dal Socio P. BLASERNA.

I mesi di luglio e di agosto del 1902 riuscirono favorevoli per le osservazioni pireliometriche a Modena, e si sono perciò potuti raccogliere molti dati, dei quali i risultati sono esposti nelle tavole seguenti.

Si fece sempre uso del pireliometro Ångström a compensazione elettrica n. 39 coll'amperometro S. H. 66234 e deriv. 14894. Le correzioni ed i coefficienti relativi a questi apparecchi sono già stati esposti precedentemente (1).

L'ora è data in tempo medio dell'Europa Centrale, e h esprime l'altezza media del Sole durante il tempo dell'osservazione. Con θ è espressa la temperatura media indicata dal termometro unito al periliometro; con B la pressione atmosferica in millimetri di mercurio a 0°, diminuita di 700 mm.; con t la temperatura dell'aria; con f la forza elastica del vapore acqueo e con u l'umidità relativa dell'atmosfera. Volendo ridurre B ad essere espressa in altezze che il mercurio avrebbe, qualora la sua densità fosse uguale a quella, che questo liquido acquista alla temperatura di 0°, a livello del mare ed a 45° di latitudine, conviene togliere mm. 0,031 dalla lettura del barometro ridotto a 0°, ossia da B aumentato di 700.

La colonna intestata i dà i valori dell'intensità della corrente elettrica compensatrice espressi in Amp. e la colonna intestata Q , i risultati delle osservazioni, ossia l'intensità della radiazione espressa in gr.-cal. per minuto primo e cm².

(1) *Sul pireliometro a compensazione elettrica dell'Ångström* (Rend. della R. Accademia dei Lincei, 1° sem. 1905, pag. 340 e pag. 451).