

EUGENIO MARIANI(\*)

## Raffaello Nasini: Le ricerche sui gas nobili e sulla radioattività

**Summary** — We refer, briefly, the researches conducted by Raffaello Nasini concerning noble gases and the radioactivity at the end of the 19<sup>th</sup> century and during the first years of the 20<sup>th</sup> century.

Agli inizi della carriera universitaria Nasini aveva compiuto, con successo, ricerche sulla relazione fra potere rotatorio e costituzione di composti organici, continuate poi in Germania da Landolt, grazie al conseguimento di una borsa di studio. Molto attento agli sviluppi della nascente chimico-fisica aveva poi preso ad interessarsi della teoria delle soluzioni, sviluppandone, sempre con successo, alcuni capitoli. In quello stesso tempo era stato incaricato di sviluppare, con Villavecchia, le norme tecniche per le tariffe doganali da applicarsi sui prodotti importati (ed anche fabbricati in Italia) per conto del Ministero delle Finanze, che portò alla fondazione dell'importante Laboratorio chimico delle gabelle. Vinto poi il concorso di Chimica-fisica e Chimica generale per l'università di Padova vi si trasferì, nel Gennaio del 1892, dando inizio ad una notevole attività scientifica; mentre alcuni allievi continuavano gli indirizzi di studio precedenti (attività ottica, elettrochimica delle soluzioni) Nasini cominciò ad interessarsi ad altri problemi. Nel 1889 era nata una amicizia con Ludwig Mond, tecnologo ed industriale di notevole levatura e di grande prestigio, col quale collaborò ad alcune ricerche sulle proprietà del nicheltetracarbonile, che era stato allora scoperto da Mond e collaboratori. È interessante seguire il racconto fatto dallo stesso Nasini: «Ricordo una luminosa Domenica di Giugno 1889: era la prima volta che io mettevo piede nella bella residenza dei Mond ai Poplars, a Londra. Erano da lui convenuti, nel pomeriggio di quella Domenica Mendeleeff,

(\*) Uno dei XL. Via Fratelli Maristi 68, 00137 Roma.

chiamato a Londra per la Faraday Lecture, il Farkland, Roscoe, Ramsay, Thorpe ed altri uomini di scienza. Nel laboratorio privato del Mond ci fu mostrato, con nostra grande meraviglia, quel gas, tale lo si credeva allora, che conteneva tanto nichel. Il Mond ce ne fece la storia. Su questo composto, di scoperta casuale, in breve tempo il Mond seppe basare una imponente industria di estrazione del nichel dai minerali» ed il Nasini continua poi nei suoi ricordi «eseguito prima un completo apparecchio tecnico in scala lillipuzziana, procedette subito dopo all'impianto di Birmingham che io con tanto stupore vidi in pieno funzionamento nel 1894. Quella che a me non era parsa che una delicata esperienza di laboratorio, la vedevo gigantescamente ingrandita, trasformata in produzione industriale procedente con mirabile regolarità e precisione» [1].

Del 1891 è una nota sulle proprietà del nichel carbonile pubblicata da Nasini e Mond sia sugli Atti dell'Accademia dei Lincei che sulla rivista tedesca *Zeits. für physik. Chemie*.

È possibile pensare che in uno dei suoi incontri col Mond il Nasini avesse avuto notizia delle ricerche che venivano condotte sui gas nobili da Frankland, da Ramsay, da Rayleigh, tutti scienziati coi quali il Mond era in familiarità (con lo stesso Ramsay aveva pubblicato sui *Proceedings* della Royal Society due note sull'occlusione dell'ossigeno e dell'idrogeno sul nero di platino e di palladio).

Proprio a quegli anni risalgono le ricerche di Lockyer e Jansen, di Ramsay e Rayleigh sulla identificazione e presenza dell'elio, dell'argo, del cripto nell'atmosfera solare e nell'atmosfera terrestre (nell'aria). Nasini ci dice che non appena venuto a conoscenza della scoperta dell'argo e poi dell'elio da parte di Rayleigh (la prima notizia fu data ad Oxford, nel 1894, dove era presente anche Nasini) fu attratto dai problemi che faceva intravedere la nuova scoperta. «Il problema si presentava, e si presenta, del più alto interesse, non dal solo punto di vista della chimica teorica, ma anche per riguardi mineralogici e geologici. Sino ad ora l'argo non si è potuto estrarre da nessun minerale, solo si è intravvisto, e non sicuramente insieme con l'elio, nei gas che si estraggono ... da alcuni minerali di uranio, di torio, di cerio, da quelli appunto dai quali si ricava l'elio. Con certezza l'argo non si è avuto che dalla meteorite di Augusta Country, in Virginia, dove insieme con azoto ed elio si trova occluso».

«Io pensai subito al grande interesse che avrebbe presentato lo studio delle numerose emanazioni terrestri italiane.

Mi accinsi a questo lavoro coadiuvato dai miei assistenti Anderlini e Salvadori e così nel 1894, prima che venisse pubblicata la memoria estesa di Raileigh e Ramsay avevo iniziato le ricerche per isolare i due elementi (elio ed argo) e studiarne le loro proprietà.

Pochi Paesi come il nostro sono così ricchi di emanazioni gassose, certo nessuno in Europa, così il difficile era sapere da dove cominciare. Le ragioni d'economia ci consigliavano di intraprendere lo studio dalle emanazioni più vicine per poi passare a quelle più lontane; le più facilmente accessibili erano

quelle delle Terme di Abano, i gas delle quali erano già stato oggetto di studi per parte mia e di Anderlini» [2].

Su alcune di queste emanazioni erano già state fatte alcune ricerche, tutt'altro che sistematiche ed anche con mezzi e metodi da lasciare dubbi sui risultati comunicati, mentre Nasini era convinto che una ricerca accurata e sistematica, specie sulle emanazioni delle zone vulcaniche avrebbe portato «a frutti preziosi e quali forse non si prevedono».

In alcune note il Nasini si rammarica di non aver potuto condurre le ricerche in maniera più sollecita sia per difficoltà operative che per scarsità di mezzi finanziari:

«La raccolta dei gas fu problema tutt'altro che facile; si trattava di trasportarne grandi quantità e nel tempo stesso bisognava essere certi che dell'aria non penetrasse negli apparecchi durante la raccolta stessa. Tutte le volte che il gas esce da polle che si trovano in acqua bollente, o, peggio ancora dal fondo di caverne o da crepacci nelle rocce, l'impresa è tutt'altro che facile. Le nostre ricerche hanno proceduto un po' lentamente, causa, in parte, la natura delle esperienze, in parte la mancanza di mezzi. Sono esperienze assai costose per il grande consumo di gas, che qui a Padova costa adesso 40 centesimi il metro cubo, e di tutto quello che è necessario per avere con sole pile una forte scarica elettrica per settimane e settimane. Costoso poi il raccoglimento dei gas non solo per le spese di viaggio non indifferenti e per quelle della raccolta ma anche perché, volendosi ricercare e dosare l'argo e l'elio, e, eventualmente nuovi elementi, si è costretti a raccogliere grandi quantità di gas, a fare su larga scala degli assorbimenti sul posto e tutto questo esige un trasporto di grande materiale e quindi una forte spesa. E bene spesso tanto denaro e tanta fatica è resa inutile dalla nessuna cura, diremo anzi dalla vergognosa, che talora sembrerebbe colpevole, trascuratezza del personale delle Ferrovie Italiane; cosicché ben raro è il caso che malgrado l'eccellente imballaggio un buon terzo degli apparecchi e dei recipienti non giunga rotto a destinazione!».

È una descrizione che ci ricorda i racconti delle difficoltà incontrate dai pionieri alla ricerca dell'oro, che ci viene confermata da una descrizione fatta da un allievo del Nasini, il Prof. Mario Giacomo Levi del Politecnico di Milano che commemorò il Maestro nel 1932 a Pisa [3]: «Data si può dire dal giorno stesso dell'annunciata scoperta dell'argo, l'iniziativa del Maestro di ricercare l'argo stesso e poco dopo l'elio nei prodotti italiani naturali e particolarmente nelle emanazioni gassose avviando quelli studi analitici e spettroscopici per i quali conservò poi viva passione per tutta la vita ed ai quali attrasse numerosi e valorosi collaboratori. Il Maestro presentava fin dal 1894 "l'enigma" della presenza di questi gas rari sulla terra e nonostante le difficoltà di raccolta, di lavoro e di mezzi che egli ben si vedeva dinanzi, progettava ed avviava arditamente lo studio di tutte le più importanti e tipiche emanazioni terrestri italiane. È difficile descrivere quello che accadeva nel Laboratorio di Padova dal 1894-95 in poi: buona parte dell'Istituto

era mobilitata per questi studi sui gas: i mezzi insufficienti, le difficoltà sperimentali, i disagi, e le fatiche dei viaggi, delle captazioni, dei trasporti non dovevano costituire ostacoli. I mezzi il Maestro li trovava battendo col suo entusiasmo a tutte le porte, quand'era necessario spendendo del suo e quando non c'era più rimedio, indebitandosi; tutte le altre difficoltà si dovevano vincere, nei viaggi talvolta in carrozza per ore ed ore, a cavallo, sul mulo, a piedi; nell'Istituto o in ambienti improvvisati durante i viaggi, il lavoro doveva compiersi esattamente e rapidamente, gli apparecchi dovevano piazzarsi senza obiezioni su un tavolo o su una cassa, in qualsiasi ambiente fosse capannone, cantina o solaio o aperta campagna senza limiti di ora, di tempo, di temperatura, di stanchezza, unico limite: il buon funzionamento degli apparecchi e l'esattezza del lavoro».

A proposito della ricerca dei mezzi finanziari il Nasini ci dice: «... ultimate le ricerche che sono l'oggetto di questa Memoria Noi ci vedevamo costretti a rinunziare a proseguire il nostro lavoro, e così avremmo fatto se l'aiuto datoci dall'Accademia dei Lincei non ci fosse giunto in buon punto. Allorquando nella seduta del 7 febbraio 1897 uno di noi presentò questa Memoria all'Accademia dichiarando che eravamo nella impossibilità di proseguire le ricerche intraprese; su proposta del Prof. Cannizzaro, a cui tutta l'Accademia annuò, il Presidente prof. Brioschi ci concesse intanto un sussidio di lire 500 che ci permise di raccogliere i gas del Vesuvio e dei Campi Flegrei».

In alcuni anni di fervido lavoro i gas di molte fra le più importanti e le più varie sorgenti italiane, da quelle di Abano a quelle del Vesuvio furono accuratamente studiati.

Nasini riteneva che fra i gas di emanazioni quelli dei soffioni boraciferi della Toscana fossero i più interessanti e avvalendosi dell'amicizia di alcuni colleghi fece domandare l'autorizzazione al Conte de Larderel a studiare quei gas, permesso che gli fu concesso con una lusinghiera lettera di compiacimento dell'iniziativa e nella quale assicurava il piacere di averli ospiti nel proprio palazzo. E così nel Luglio del 1895 Nasini coi suoi collaboratori poté procedere alla raccolta dei gas che nelle analisi condotte poi a Padova dimostrarono un contenuto (riferito all'azoto) del 2,01% di argo e 0,99 di elio. E così Nasini poteva scrivere: «Abbiamo nei gas di Larderello una sorgente assai ricca di elio: non dubitiamo anzi di asserire che è una delle più adatte, tra quelle sin qui conosciute, per preparare grandi quantità di quell'elemento... Noi riteniamo, senza escludere che alcuni gas delle sorgenti dei Pirenei possano contenere più elio di quello dei soffioni di Larderello, considerando che è incondottato, che si può avere sotto fortissima pressione, cosicché la raccolta e gli assorbimenti sul luogo non presentano nessuna difficoltà, sia da ritenersi come la sorgente più comoda e più economica che sin qui si conosca, per ottenere l'elio in forti quantità» [4].

Ma all'epoca un'altra scoperta sensazionale teneva agitato il mondo scientifico: la radioattività ed il radio.

Scrive il Nasini [5]: «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 fra radio ed elio».

In una nota presentata ai Lincei fin dal 1904 si comunicava che l'Anderlini aveva cercato di concentrare la radioattività del fango di Abano; in base alle esperienze condotte scriveva «queste esperienze sembrano non lasciare dubbi che realmente la radioattività dei fanghi di Abano è dovuta alla presenza di radio. Altri prodotti delle terme di Abano, come le incrostazioni della sorgente, il residuo delle acque sono, quali più quali meno, attivi del fango a parità di condizioni ... Il dott. Anderlini ha constatato una notevole attività nel gas dei soffioni di Larderello e nelle emanazioni che si hanno dalla roccia, da cui scaturiscono i soffioni e dal fango dei lagoni. Tanto il gas che le emanazioni sono notevolmente radioattive. Per ragioni indipendenti dalla nostra volontà noi non potemmo esaminare il gas che un mese dopo la sua raccolta, ed esso si mostrò fortemente attivo: dopo altri 18 giorni che era stato in recipienti con acqua la sua attività era diminuita, ma nondimeno era sempre evidentissima. Le emanazioni provenienti dalla roccia e dal fango ... si mostrarono fortemente radioattive: la radioattività diminuisce col tempo, ma la diminuzione non sembra andare d'accordo con quella osservata per l'emanazione del radio».

Queste constatazioni, insieme alla presenza nei gas dell'elio in quantità rilevanti, indussero il Nasini ad uno studio più esteso della regione boracifera Toscana. Prima però parve opportuno esaminare la radioattività delle principali emanazioni gassose italiane per vedere se, eventualmente, su qualche altra di esse fosse stato utile rivolgere l'attenzione. Nell'iniziare le ricerche 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.

«Parlai dell'interesse di queste ricerche al mio illustre amico Dr. Ludwig Mond; egli si mostrò entusiasta dei miei studi, e mi spinse anzi alla non facile impresa di preparare in grande la emanazione ricavandola dai gas dei soffioni boraciferi.

Allora della emanazione si parlava come di una vera rarità e quasi nessun mezzo pratico si aveva per ottenerla, altro che in frazioni piccolissime di millimetro cubo, giacché la quantità di radio disponibile in tutto il mondo sembrava essere veramente esigua. Mi entusiasmai anche io a questa prospettiva, così attraente per un uomo di scienza e per un italiano, e pensai ai mezzi che sarebbero occorsi per tradurla in atto: vidi che, già per le ricerche preliminari, ci volevano delle somme non enormi in sé, ma tali che sorpassavano di gran lunga la potenzialità del mio Istituto di Padova. Il Dr. Mond generosamente si mise a mia disposizione, e mi disse di preparare un piano dei lavori e un sommario

bilancio preventivo, e questo fu fatto insieme col Dr. Levi, mio assistente:

- 1) esame elettroscopico dell'aria atmosferica in diversi posti della regione
- 2) idem delle rocce circostanti pestate e seccate all'aria
- 3) idem dei terreni e dei fanghi pure secchi
- 4) idem dell'aria estratta per mezzo di aspiratore e di trivelle dal terreno in diversi punti scelti, seguendo i risultati dei tre esami precedenti
- 5) idem dei gas già analizzati e previamente depurati dall' $\text{H}_2\text{S}$  ed eventualmente dal  $\text{CO}_2$
- 6) idem dell'aria gorgogliata attraverso le acque del luogo
- 7) attivazione dei fili all'aperto in diversi posti e studio della perdita della radioattività indotta col tempo (confronto con le curve del radio e del torio)
- 8) arrivazione del filo sospeso in un recipiente da costruirsi e contenente 30-40 kg di fango, roccia o altro
- 9) emanazione delle rocce e dei fanghi, e condensazione della stessa
- 10) depurazione dei gas-liquefazione-distillazione frazionata, seguendo tutte queste diverse operazioni con l'esame spettroscopico ed elettroscopico dei prodotti ottenuti
- 11) concentrazione chimica dell'attività nei diversi materiali esaminati con tutto il lavoro chimico relativo.

E anche preparammo un piccolo preventivo pel Dr Mond, che a lui fu inviato a Losanna il 26 Settembre 1904 colla seg. lettera [6]:

"... noi abbiamo fatto un piccolo bilancio di previsione delle spese che dovremmo fare a Larderello per un lavoro di due a tre mesi: credo che 2000 lire saranno necessarie, e per conseguenza, siccome non si prevede mai tutto, io credo che una somma di 3000 lire sarà sufficiente per ottenere dei risultati seri e tali che permettano di stabilire se sarà opportuno di continuare su più larga scala, come Ella ha consigliato.

Quasi tutti gli apparecchi sono imballati: le vetrerie, i prodotti chimici li acquisteremo a Pisa. È stata già inviata a Larderello la macchina Hampson per l'aria liquida e la locomobile potrà funzionare nella prima settimana d'Ottobre.

Sir James Dewar mi ha scritto una gentilissima lettera: spera molto nei miei lavori su gas applicando il suo processo del carbone. Io mi occupo del carbone di cocco e spero poterne preparare una quantità sufficiente. Ho visto tutto quello che c'è in proposito nella letteratura.

Ecco il piano dei lavori: esperienze preliminari, ma complete e quantitative sulla radioattività dei differenti prodotti: purificazione dei gas, cioè eliminazione dell'idrogeno solforato e poi dell'anidride carbonica, sempre seguendo la radioattività dei gas depurati: tentativi di liquefazione della emanazione: trattamento col carbone alla temperatura dell'aria liquida, per raccogliere l'elio e, eventualmente altri gas: trattamento chimico delle terre, rocce, fango dei lagoni per concentrarne la eventuale radioattività.

Io avrei intenzione di trovarmi a Larderello per il 4 o 5 di Ottobre: i miei assistenti ci saranno il 1°.

Voglia gradire ancora una volta i miei sentimenti di profonda gratitudine colla speranza che io possa ottenere, mercè il suo generoso aiuto, dei risultati veramente degni della scienza che noi coltiviamo. Tutto il personale del mio Istituto lo è riconoscente. Con tutto il rispetto, dev.mo R. Nasini».

A questa lettera Mond rispose con la seguente:

«Lausanne Hotel Riche Mont le 28 Settembre 1904

Mon cher Nasini,

Je vien de recevoir votre lettre du 26 courant et je vous envoie ci-inclus un chèque pour Lst 120.

Je suis tout à fait d'accord avec vous sur le plan des travaux que vous voulez exécuter à Larderello et je serais très heureux si vous réussissiez et si ces travaux conduisaient à fournir à notre science des quantités de Radium et de ses dérivés suffisantes pour l'étude sérieuse de ces substances, qui possèdent un intérêt tout à fait exceptionnel et qui promettent de nous amener à une connaissance beaucoup plus intime de la matière même. Je serais très heureux d'apprendre de temps en temps les résultats que vous obtiendrez. Je retourne à Londres en quelques jours et je compte y rester jusqu'au mois de Décembre.

Avec mes cordiales salutations, Votre bien dévoué L. Mond».

Naturalmente ci fu anche uno scambio di lettere col Conte Florestano de Larderel che si dimostrò entusiasta di ospitare il Nasini e suoi assistenti per questa nuova serie di ricerche e di fornire le attrezzature disponibili che potessero servirgli.

Il Prof. Levi nella sua commemorazione di Nasini ci descrive questa ricerca con queste parole:

«Nel 1904 fu organizzata con un nuovo importante aiuto di L. Mond la grande spedizione di Larderello. Si partì da Padova pieni di entusiasmo e di orgoglio con una sessantina di casse di materiale da lavoro contenenti perfino intere e complicate pompe a mercurio completamente montate; ci seguì a breve distanza di tempo l'intero impianto per la liquefazione dell'aria: a Larderello, ospiti del Conte Florestano De Larderel, in pochi giorni installammo un laboratorio rudimentale ma completo e cominciammo sotto il vigile sguardo del Maestro quella meravigliosa vita di lavoro che compresa, desiderata ed aiutata dal Conte Florestano e dal principe Ginori-Conti doveva essere l'inizio di una rivoluzione scientifico-industriale in quella meravigliosa regione e di un'opera scientifica di mole e d'importanza monumentale. Giornate indimenticabili di lavoro nuovo, giocondo e sano, quasi sempre all'aperto tra caldi vapori e fresche brezze di colline verdigianti, fra fenomeni naturali meravigliosi e risultati del più alto interesse, fra incidenti agli apparecchi o alle persone spesso comici, talvolta semitragici ...».

Nasini già in una nota del 1905 dà notizia delle prime ricerche condotte a Larderello: «Un primo esame della radioattività dei gas di soffioni diversi dimostrò subito come il valore di essa vari per i diversi soffioni; l'esame fu allora esteso ad un grande numero di soffioni (circa un centinaio) ... e si trovarono sempre 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 di dispersione per ora: i valori più bassi furono trovati per i soffioni caratterizzati dalla minima ricchezza in acido bórico; la radioattività di uno stesso soffione, esaminata in epoche diverse, non mostrò subire variazioni col tempo. Fu constatato che non esisteva relazione fra l'attività dei diversi gas e le caratteristiche fisiche e chimiche con le quali il soffione esce dal suolo, mentre è assai verosimile che le variazioni di essa attività dipendano dalla diversità degli strati attraversati dal soffione prima di arrivare alla superficie.

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 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.

Per avere un'idea anche approssimata della quantità d'emanazione contenuta nei nostri gas, istituimmo ancora confronti fra l'attività loro e quella dei gas delle sorgenti termali di Badgastein, che sono i più attivi tra quelli esaminati da Curie e Laborde e da loro confrontati con l'emanazione ottenuta direttamente da soluzioni di bromuro di radio ... Per il calcolo della quantità di emanazione ci servimmo dei dati di Ramsay e Soddy secondo i quali 1 gr di radio produce  $3 \times 10^{-6}$  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 un 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 tiene conto che si tratta di centinaia di fori che eruttano senza dubbio molte e molte migliaia di metri cubi di gas in un brevissimo tempo.

Alla concentrazione dell'emanazione radioattiva si rivolsero poi e si rivolgono ora in modo speciale i nostri sforzi: un gas che allo stato naturale produce una dispersione di 12000 Volt per ora, una volta liberato di  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$  dà una dispersione di 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  $\text{CO}_2$  ed  $\text{H}_2\text{S}$  è circa 20 volte più concentrata che nel gas naturale; se quindi si tiene conto che 1 metro cubo di quello contiene mm. cubi  $1,5 \times 10^{-5}$  di emanazione, si può facil-



mente calcolare che per ottenere la quantità di emanazione ottenuta da Ramsay e Soddy 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 metro cubo di gas naturale e quindi per 60 litri del gas concentrato senza  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$  avremo ancora che per ottenere sempre la stessa quantità di emanazione occorreranno circa 4,5 metri cubi del nostro residuo finale.

La via per concentrare, nel nostro caso, l'emanazione è quindi chiaramente tracciata: dal gas naturale si elimina prima  $\text{CO}_2$  e  $\text{H}_2\text{S}$  per assorbimento, poi idrogeno e metano per combustione in corrente d'ossigeno; dal gas residuo contenente ossigeno, azoto e gas inerti si può condensare l'emanazione con aria liquida senza eliminare prima ossigeno ed azoto o fare il contrario, eliminare prima l'ossigeno e poi passare al trattamento con aria liquida.

Fra i materiali solidi di origine diversa (rocce, incrostazioni, fanghi, ecc.) notevole attività radioattiva è stata, finora, riscontrata in alcuni graniti dell'isola d'Elba».

#### BIBLIOGRAFIA

- [1] Accademia dei Lincei, *Rendiconti*, Vol. XIX, 1° Sem., 1910, pag. 411.
- [2] Accademia dei Lincei, *Memorie*, Serie V, Vol. II, 1895, pag. 375.
- [3] *Levi Mario Giacomo Raffaele Nasini*, *Gazzetta Chimica Italiana*, Vol. 62, pag. 727.
- [4] NASINI R., *I soffioni boraciferi della Toscana*, Roma 1906.
- [5] Accademia dei Lincei, *Rendiconti*, Serie V, Vol. XIV, 2° Sem., 1905, pag. 70, Serie V, Vol. XIII, 1° Sem., 1904, pag. 217.
- [6] NASINI R., *I soffioni e i laghi della Toscana e l'industria boracifera*, Roma 1930.