

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCCIII.

1906

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME XV.

2° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1906

Fisica. — *Studi di radioattività*. Nota del Corrispondente A. BATTELLI e di A. OCCHIALINI e S. CHELLA.

I. Qualche anno addietro intraprendemmo una serie di ricerche sulla radioattività delle acque e dei gas di vari luoghi della Toscana; ma da parecchio tempo la nostra attenzione venne soprattutto fermata sullo studio dei gas emananti dalle acque di S. Giuliano, per la straordinaria azione radioattiva che essi ci rivelarono.

Purtroppo questo studio esige mezzi superiori a quelli finora consentiti al nostro laboratorio, e per ciò non abbiamo potuto sul momento condurlo fino alla meta ultima che ci siamo proposta. Tuttavia le conclusioni alle quali siamo giunti ci sembrano tanto notevoli, da indurci a pubblicarle in questa Nota preventiva.

Le acque di S. Giuliano, per la temperatura alla quale sgorgano e per i materiali che contengono disciolti ritenute per secolare tradizione curative, sembrano avere origine molto profonda. Esse scaturiscono da alcune polle situate in vicinanza del paese di S. Giuliano e sono distribuite in due stabilimenti balneari; si raccolgono dalle loro sorgenti naturali in apposite vasche alla temperatura di 40° C. circa, e abbandonano parte dei gas in esse disciolti in bolle rare e poco voluminose che gorgogliano attraverso la massa dell'acqua.

La composizione di queste acque fu determinata da vari chimici in varie epoche; nel 1850 fu analizzata dal prof. Piria, nel 1874 dall'Orosi e recentemente dal prof. Grimaldi del Laboratorio di Chimica del Municipio di Siena.

Le diverse analisi indicano una composizione quasi costante di queste acque nell'intervallo di 50 anni: quella del prof. Grimaldi, eseguita nel 1900, dà per il contenuto in gas disciolti in un litro d'acqua:

Anidride carbonica	cc. 84,65
Ossigeno	» 3,13
Azoto	» 12,22

In questa analisi i gas sono stati estratti dall'acqua mediante l'ebullizione; ma il gas che si sviluppa spontaneamente nell'atto in cui l'acqua scaturisce dalle polle ha una composizione ben diversa. Secondo l'Orosi infatti esso contiene sopra un litro di miscuglio:

Anidride carbonica	cc. 130
Ossigeno	» 40
Azoto	» 830.

2. I nostri saggi di radioattività furono iniziati col noto metodo elettroscopico dei sigg. Elster e Geitel.

Per precisare le condizioni in cui vennero eseguite le nostre esperienze e per rendere possibili i confronti delle nostre misure con quelle di altri sperimentatori, ci sembra utile notare espressamente che l'elettroscopio era del tipo Exner a foglia d'oro con un dispersore cilindrico rinchiuso in una campana di zinco. L'elettroscopio così montato aveva una capacità di circa 25 unità elettrostatiche.

Lo stesso apparecchio serviva alle misura della radioattività del gas e di quella dell'acqua: per misurare la radioattività del gas non si faceva altro che far circolare quest'ultimo dentro la campana di zinco, la quale a tal uopo era munita di due rubinetti, uno di entrata e l'altro di uscita; per la misura della radioattività dell'acqua, si introduceva questa in un recipiente anulare che circondava l'asta del dispersore e posava sullo stesso sostegno che reggeva la campana di zinco.

La dispersione dell'acqua dei due stabilimenti balneari è stata misurata introducendo nell'apparecchio $\frac{1}{2}$ litro d'acqua, ed è stata trovata in media di 55 Volta per ora.

Introducendo invece circa 10 litri di gas nella campana dell'elettroscopio, si ebbe in media una dispersione di 1200 Volta per ora.

Se si pensa che secondo l'analisi surriferita nel mezzo litro d'acqua sottoposto all'esperienza sono contenuti circa 50 cc. di gas, e che questi introdotti soli nell'apparecchio avrebbero dato una dispersione di 60 Volta per ora, troviamo che la radioattività dell'acqua è tutta da attribuirsi al gas che essa contiene disciolto.

Data la grandissima radioattività di queste acque, ci sembrò importante fare un'analisi, la quale potesse darci qualche indicazione sulla natura del materiale che provocava la radioattività stessa.

3. Anzitutto era facile riconoscere se la radioattività fosse dovuta a torio, o ad attinio; poichè, tenendo conto del fatto che le emanazioni di questi elementi non durano che pochi minuti, bastava lasciar soggiornare il gas nel gasometro per circa mezz'ora per essere sicuri che esso non dovesse contenere più gli elementi predetti. E siccome dopo un tal tempo il gas invece conservava intatta la sua radioattività, questa non poteva essere dovuta che ad emanazione di radio o a quella di qualche elemento sconosciuto.

Per decidere su questo punto non restava che studiare la legge di decremento dell'attività del gas e quella della radioattività indotta sui corpi metallici, e confrontarle con le leggi analoghe relative al radio.

Per lo studio della legge di decremento dell'attività del gas si operava nel modo seguente: dopo aver accumulato in un gasometro una certa quan-

tà di gas, se ne misurava la dispersione giorno per giorno introducendolo nella campana dell'elettroscopio in quantità determinata (circa 1000 cm³).

I risultati di una determinazione sono riportati nella seguente tabella:

Età del gas	Dispersione del gas in Volta per ora
1 ^g 1 ^h	786
2 ^g 2 ^h	611
2 ^g 23 ^h	501
3 ^g 18 ^h	454
6 ^g 16 ^h	316
7 ^g 14 ^h	288
8 ^g 14 ^h	253

La dispersione decresce col tempo secondo una legge rappresentata abbastanza bene dalla formula esponenziale

$$I = I_0 e^{-\lambda t}$$

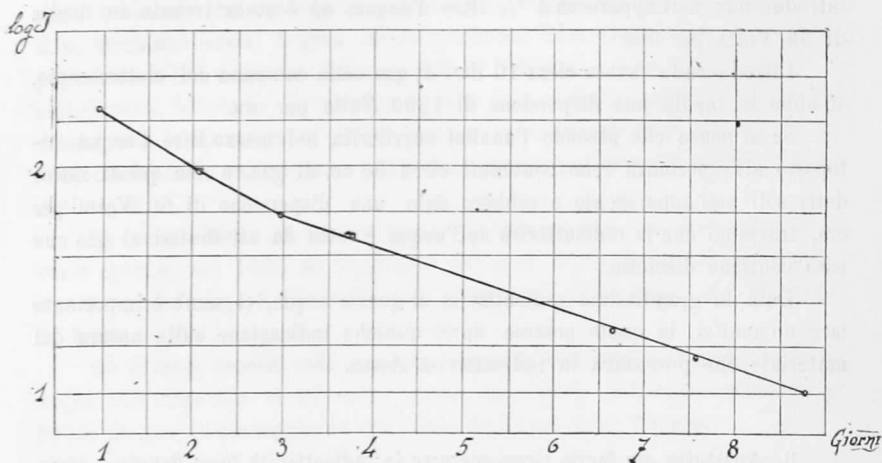


FIG. 1.

Infatti, portando come ascisse i tempi e come ordinate i logaritmi delle attività (dispersione in Volta per ora), si ottiene la linea tracciata nella fig. 1, che dal terzo giorno in poi assume un andamento sensibilmente rettilineo.

Non tenendo conto del tratto iniziale e considerando soltanto i valori compresi nel tratto della curva che ha andamento esponenziale, si trova che l'attività dell'emanazione radioattiva contenuta nel gas di S. Giuliano si riduce a metà in 6 giorni, mentre quella del radio si riduce a metà in 4 giorni. In altre parole, il valore della costante di tempo $\frac{1}{\lambda}$ dedotto dalla

formula precedente risulta di 8^g e 15^h, mentre quello della costante di tempo del radio è di 5^g e 13^h.

La radioattività indotta fu misurata in vari modi. Si incominciò col far soggiornare il gas dentro una campana metallica per circa mezz'ora, dopo di che si areava abbondantemente la campana stessa e si misurava la radioattività che le rimaneva; oppure si lasciava un dispersore metallico dell'elettroscopio sospeso per un giorno sopra una delle vasche a cui faceva capo la polla; o anche si attivarono pezzi di metallo mantenendoli ad alto potenziale negativo dentro una campana piena di gas raccolto dalle polle.

Fu anche tentato di radioattivare un pezzo di carbone messo come catodo

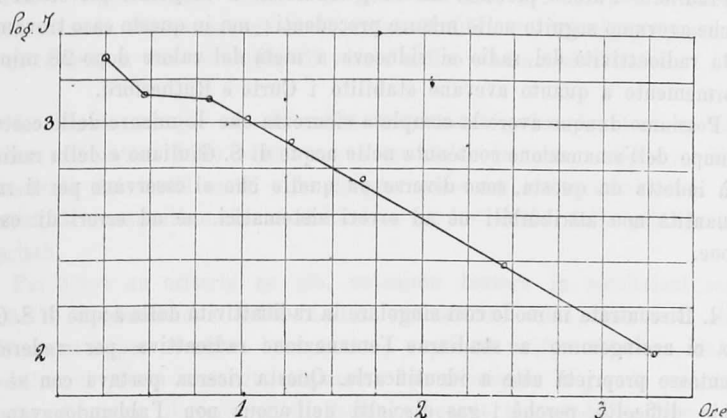


FIG. 2.

in un bagno d'acqua sottoposta ad elettrolisi, ma l'attività assunta in questo caso fu sempre troppo piccola per poter fare una misura attendibile della costante di tempo.

In tutti gli altri casi però le misure riuscirono bene e dettero sempre valori concordanti. Anche la radioattività indotta dopo qualche tempo decresce con legge esponenziale e si riduce a metà dopo 37 minuti, come si vede dalla fig. 2 relativa ad una determinazione, mentre quella dovuta al radio diviene metà dopo 28 minuti.

Ciò vale quanto dire che la costante di tempo $\frac{1}{\lambda}$ che si deduce dalla formula esponenziale

$$I = I_0 e^{-\lambda t}$$

è, per la radioattività indotta dai gas di S. Giuliano di 54 minuti, mentre quella del radio è di 41 minuti.

Altre determinazioni della radioattività indotta sono state fatte con gli stessi metodi, e si è sempre trovato per $\frac{1}{\lambda}$ un valore superiore a quello corrispondente al radio; e tutti i valori insieme danno una media che non differisce di più del 4% dal valore delle singole determinazioni.

Prima di asserire che la costante di tempo dell'emanazione e della radioattività indotta delle acque di S. Giuliano sono diverse dai corrispondenti elementi del radio, abbiamo voluto accertarci che nessun errore sistematico si era introdotto nelle nostre esperienze. Per questo, gli stessi apparecchi furono adoperati per la misura della radioattività indotta da una soluzione di bario-radifero. Furono prese le stesse precauzioni e adoperati gli stessi metodi che avevamo seguito nelle misure precedenti; ma in questo caso trovammo che la radioattività del radio si riduceva a metà del valore dopo 28 minuti, conformemente a quanto avevano stabilito i Curie e Rutherford.

Possiamo dunque avere la completa sicurezza che le misure delle costanti di tempo dell'emanazione contenuta nelle acque di S. Giuliano e della radioattività indotta da questa, sono diverse da quelle che si osservano per il radio di quantità non attribuibili nè ad errori sistematici, nè ad errori di osservazione.

4. Riscontrata in modo così singolare la radioattività delle acque di S. Giuliano, ci accingemmo a studiarne l'emanazione radioattiva per vedere se presentasse proprietà atte a identificarla. Questa ricerca portava con sè parecchie difficoltà, perchè i gas disciolti nell'acqua non l'abbandonavano se non in quantità troppo piccola per lo scopo cui tendevamo, e perchè in massima parte erano costituiti da anidride carbonica che bisognava eliminare nel modo più completo.

Per estrarre i gas dall'acqua si ricorse dapprima al riscaldamento: l'acqua presa dalle polle era posta entro una caldaia ed era riscaldata fino quasi all'ebullizione, e i gas uscenti erano raccolti in un gasometro della capacità di circa un metro cubo, dopo essere stati liberati dal vapore d'acqua attraverso un serpentino refrigerante.

Il gas residuo era un miscuglio di anidride carbonica e azoto in cui la prima, secondo le analisi riferite più sopra, rappresenta il 90% del volume totale.

Volendo condensare l'emanazione era necessario un ingente volume di gas, e la depurazione di questo dall'anidride carbonica per mezzo degli ordinari processi di assorbimento coll'idrato sodico avrebbe portato una spesa considerevole.

Preferimmo quindi ricorrere, per questa separazione, a un metodo fisico, liquefacendo l'anidride carbonica per la massima parte e riserbando all'assorbimento sull'idrato sodico gli ultimi residui; e con ciò, come apparirà chiaro

in seguito, si realizzava anche il vantaggio di non far seguire al gas un cammino troppo lungo, ove, venendo a contatto con una considerevole quantità di materiali, poteva perdere le esigue tracce costituenti l'emanazione.

Per questo il miscuglio gassoso veniva compresso a 100 atmosfere dentro un recipiente di rame di piccola capacità mantenuto ad una temperatura inferiore a 20° C. A questa temperatura e a quella pressione l'anidride carbonica è liquida, e un indicatore apposito ne dà il livello nell'interno. Un rubinetto posto nel fondo di questo recipiente separatore permette di estrarre il liquido appena se ne è accumulata una discreta quantità. Il gas residuo è in prevalenza azoto, e le parti che ancora rimangono di anidride carbonica e di vapore acqueo si eliminano facilmente facendo gorgogliare il gas attraverso a una soluzione di idrato sodico e ad acido solforico.

5. Intanto era per noi di molta importanza poter decidere se l'emanazione radioattiva delle nostre acque era tale, da non rendere inutile il trattamento dei molti metri cubi di gas necessari all'accumulazione della quantità di emanazione che si richiedeva per lo studio delle più specifiche proprietà.

Per avere un criterio su ciò, volemmo tentare in condizioni convenienti la condensazione della nostra emanazione sulla blenda di Sidot. D'altra parte per rivelare l'emanazione sopra il solfuro di zinco, data la sensibilità di questa sostanza, stimammo non necessaria la grande quantità di gas che si poteva liberare coll'ebullizione; per ciò al metodo d'estrazione già descritto, sostituimmo un altro metodo consistente nel portare il gas in un ambiente assai rarefatto e dopo parecchi tentativi riuscimmo a montare un apparecchio che funzionò sempre egregiamente. Nelle sue linee generali esso era costituito così: una pompa aspirava dalla polla l'acqua fino all'altezza di 8 metri circa dentro un recipiente di vetro R (fig. 3), nel quale essa abbandonava i gas per la rarefazione che ivi trovavasi. Il recipiente predetto era munito alla bocca di una ghiera di ottone G, nella quale si innestava un tubo di piombo *s* che all'altra estremità pescava nell'acqua della polla. La ghiera stessa era attraversata da due tubi *p* ed *f*, dei quali il primo si spingeva fino alla sommità del recipiente di vetro ed era collegato alla pompa di aspirazione, il secondo arrivava fino a metà dell'altezza del recipiente e immetteva dall'altra parte in un tino posto dentro una fogna ad un livello più basso dell'acqua della polla. Così l'acqua di mano in mano che arrivava al recipiente di vetro R si scaricava nella fogna lungo il tubo P, rinnovandosi continuamente.

Il gas depurato dall'anidride carbonica e dal vapore d'acqua, venne fatto passare nell'apparecchio a condensazione rappresentato nella fig. 4. In una provetta A spalmata nell'interno di blenda di Sidot e munita nella sua parte

superiore di una tubulatura laterale *a*, è introdotto un tubo di vetro *b* che, attraverso un tappo che chiude la provetta, arriva fino quasi al fondo di essa. L'apparecchio è immerso dentro l'aria liquida contenuta in un recipiente di Dewar C. Il gas entra pel tubo *b*, arriva fino al fondo della provetta e risale in quest'ultima per uscire dalla tubulatura *a*.

Ma l'emanazione alla temperatura dell'aria liquida si condensa e accumulandosi nella provetta finisce per dare alla blenda di Sidot una forte luminosità.

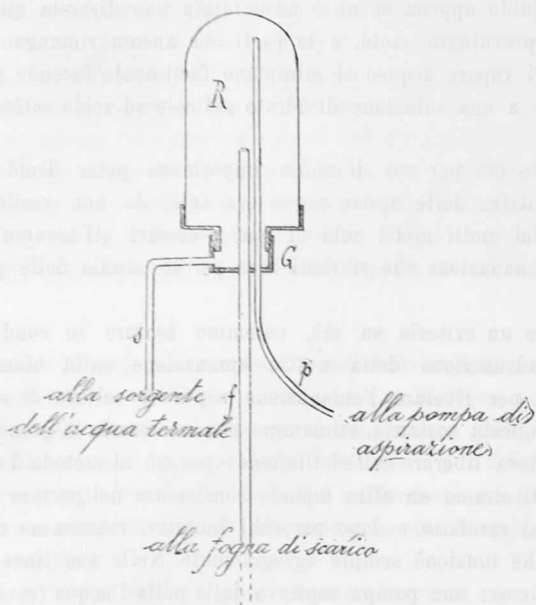


FIG. 3.

Tale luminosità appariva circa dopo due ore che il gas aveva cominciato a passare, e per tutto il tempo impiegato in questo lavoro di condensazione (circa 60 ore di seguito) cresceva continuamente e all'ultimo raggiungeva una intensità notevolissima, tanto da essere perfettamente visibile dai punti più lontani di una vasta sala e da permettere la lettura di un orologio posto vicino al tubo.

Un tubetto simile mantenuto nell'aria liquida conservava il suo splendore inalterato per molte ore. La diminuzione della luminosità del tubo era invece molto rapida allorché si lasciava il tubo a temperatura ordinaria. In questo caso bastavano 20 minuti perchè ogni traccia di luminosità sparisse.

Insomma questa emanazione si presenta come un gas molto volatile e molto diffusibile.

6. La grande diffusibilità di questa emanazione si può constatare anche mediante un'altra esperienza suggeritaci dalle ricerche di Curie sopra l'emanazione del bromuro di radio puro.

Fu presa un'ampolla di vetro (fig. 5) munita di due bulbi A e B messi in comunicazione mediante un tubo di vetro. Ambedue i bulbi sono spal-

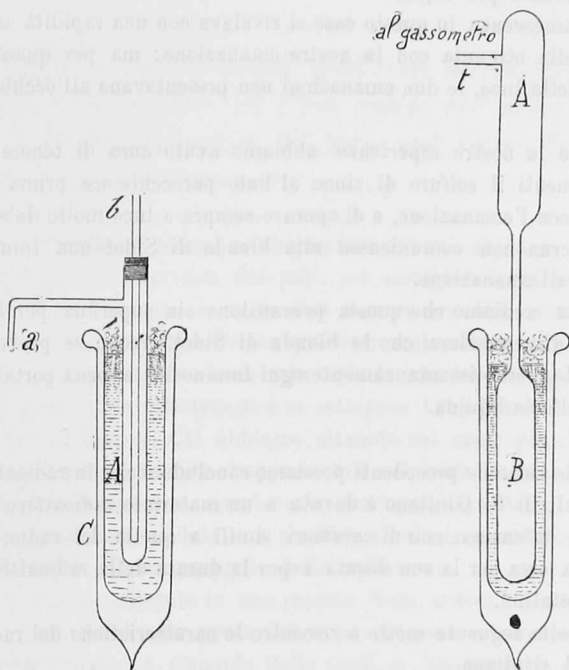


FIG. 4.

FIG. 5.

mati di blenda di Sidot all'interno; quello superiore è munito di una tubulatura, mediante la quale si può mettere in comunicazione con un gasometro, l'altro è chiuso ed è mantenuto immerso nell'aria liquida.

Stabilita la comunicazione dell'apparecchio col gasometro contenente i gas estratti dalle acque, si vede, dopo circa un'ora, una luminosità incerta che dalla sommità del bulbo superiore si propaga in tutto il bulbo stesso invadendo il tubetto di comunicazione e dirigendosi verso il bulbo sottostante.

In capo a circa tre ore la luminosità del bulbo superiore ha raggiunto il suo massimo; essa è notevolmente più debole di quella vista nell'esperienza precedente, ma tuttavia è visibilissima. Però lo splendore è molto

vivo nel bulbo inferiore dove assume l'intensità già osservata nell'apparecchio di condensazione a corrente continua.

Evidentemente la concentrazione dell'emanazione gassosa era avvenuta in tutto il tubo, sebbene si fosse operata in maniera prevalente nella parte dell'apparecchio mantenuta a contatto con l'aria liquida.

7. Abbiamo voluto fare un confronto degli effetti ottenuti con questa emanazione e quelli dati dall'emanazione prodotta dalla soluzione di bario radioattivo menzionata più sopra.

La luminescenza in questo caso si rivelava con una rapidità un po' maggiore di quella ottenuta con la nostra emanazione; ma per quanto riguarda l'intensità della luce, le due emanazioni non presentavano all'occhio differenza sensibile.

In tutte le nostre esperienze abbiamo avuto cura di tenere gli apparecchi contenenti il solfuro di zinco al buio parecchie ore, prima di metterli in contatto con l'emanazione, e di operare sempre a luce molto debole, affinché la luce esterna non comunicasse alla blenda di Sidot una luminosità non attribuibile all'emanazione.

Tuttavia crediamo che questa precauzione sia superflua, perchè abbiamo avuto modo di persuaderci che la blenda di Sidot, anche se preventivamente tenuta al sole, perde istantaneamente ogni luminosità appena portata alla temperatura dell'aria liquida.

8. Dalle ricerche precedenti possiamo concludere che la radioattività delle acque termali di S. Giuliano è dovuta a un materiale radioattivo molto energetico che ha un'emanazione di caratteri simili a quella del radio, ma che si distingue da essa per la sua durata e per la durata della radioattività indotta sui pezzi metallici.

La tabella seguente mette a riscontro le caratteristiche del radio e quelle dei gas di S. Giuliano.

	$\frac{1}{2}$	
	Per la radioattività indotta	Per l'emanazione
Radio	41	5g 13 ^h
Gas di S. Giuliano . . .	54	8g 15 ^h

Questi risultati però non ci sembrano tali da condurre ad una conclusione sicura sopra la natura del materiale radioattivo, perchè l'analisi della radioattività fatta con lo studio delle leggi secondo le quali l'attività decresce col tempo, può dare indicazioni attendibili quando si tratti di materiali puri, non quando si considerino mescolanze di corpi radioattivi.

Per poter giungere a conclusioni precise è necessario associare a queste ricerche l'analisi spettrale dell'emanazione stessa e lo studio delle sue proprietà fisiche; le esperienze fatte fin qui ci assicurano che una ricerca in questo senso non può mancare di successo, quando venga affrontata con mezzi adeguati.

Ora ci stiamo disponendo per questa seconda parte dello studio e, i risultati di queste investigazioni ulteriori costituiranno l'argomento di una futura pubblicazione.

Patologia. — *Sopra alcune condizioni necessarie per aversi la scomposizione in vitro del virus rabido col mezzo del radio.*
Sesta Comunicazione preventiva del Socio prof. GUIDO TIZZONI e del dott. ALESSANDRO BONGIOVANNI.

In una precedente nostra comunicazione (1) noi abbiamo stabilito, che l'azione scomponente esercitata dal radio sul virus rabido in vitro, è dovuta solo alle emanazioni, e che le radiazioni non vi prendono alcuna parte. Infatti noi abbiamo provato che manca qualsiasi scomposizione del virus rabido fisso, il quale perciò conserva inalterata tutta la sua potenza, quando si escludono completamente le emanazioni e si sottopone l'emulsione di sistema nervoso alle sole radiazioni. Ciò abbiamo ottenuto nel modo più rigoroso possibile chiudendo ermeticamente l'apparecchio col radio in una scatoletta di piombo avente una apertura circolare in corrispondenza della superficie radiante, sulla quale era saldato con mastice a caldo un sottilissimo vetrino coprioggetti per il libero passaggio delle radiazioni.

Anche abbiamo rilevato in una recente Nota critica (2), che la scomposizione del virus rabido per opera del radio, avviene solamente sotto condizioni ben determinate; a riguardo delle quali ci limitammo a dire, in generale, che il dispositivo dell'apparecchio deve esser tale da permettere la minor dispersione delle emanazioni, che la emulsione di sistema nervoso, dato il debole potere di penetrazione delle emanazioni, deve esser quanto più sottile è possibile, meglio se filtrata per carta, finalmente che la colonna liquida contenente il virus deve avere la minor altezza e la maggior superficie possibile; ciò al fine di favorire il libero contatto fra le emanazioni e la poltiglia di sistema nervoso, in modo che nessuna parte di essa sfugga alla loro azione.

(1) *Intorno al meccanismo d'azione del radio sul virus rabido*, 5^a Comunicazione preventiva. R. Accad. delle Scienze di Bologna, Sed. 1° apr. 1906.

(2) *Intorno alla azione del radio sul virus rabido; una breve risposta ai nostri contraddittori*. Gaz. degli Ospitali ecc. n. 63, anno 1906.