

ATTI
DELLA
REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

ANNO CCXCVII.

1900

SERIE QUINTA

RENDICONTI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

VOLUME IX.

1° SEMESTRE.



ROMA

TIPOGRAFIA DELLA R. ACCADEMIA DEI LINCEI

PROPRIETÀ DEL CAV. V. SALVIUCCI

1900

RENDICONTI
DELLE SEDUTE
DELLA REALE ACCADEMIA DEI LINCEI

Classe di scienze fisiche, matematiche e naturali.

Seduta del 21 gennaio 1900.

A. MESSEDAGLIA Vicepresidente.

MEMORIE E NOTE
DI SOCI O PRESENTATE DA SOCI

Matematica. — *Sulle trasformazioni delle equazioni della dinamica a due variabili.* Nota di A. VITERBI, presentata dal Corrispondente G. RICCI.

Questa Nota sarà pubblicata nel prossimo fascicolo.

Fisica. — *Intorno ad alcuni nuovi areometri ad immersione totale, ad inclinazione variabile e a riflessione.* Nota I di G. GUGLIELMO, presentata dal Socio BLASERNA.

Fra i modi ideati da varî fisici per sopprimere negli areometri l'errore prodotto dalla tensione superficiale del liquido del quale si cerca la densità, quello dovuto al Pisati e che consiste nel far immergere completamente nel liquido l'areometro e i suoi pesi e regolare questi in modo che esso rimanga sospeso nell'interno del liquido senza venire a galla nè andare a fondo, è certamente il più sicuro ed il più sensibile. Però l'operazione d'aggiungere o togliere o scambiare i pesi immersi nel liquido non è certo nè comoda nè agevole, e la difficoltà di tale operazione è aumentata dalla grande sensibilità dello strumento, della lentezza con cui obbedisce alle piccole differenze fra il suo peso e la pressione idrostatica, e dai movimenti dovuti non alle differenze suddette ma alla perturbazione del liquido nel regolare i pesi; inoltre tale metodo non si applica agli areometri a peso costante.

Questi inconvenienti sono o del tutto evitati o notevolmente diminuiti nei seguenti areometri, fondati sopra un principio che non ho visto applicato

a questo genere di strumenti, che si prestano a indicare senza intervento dello sperimentatore e con continuità la densità cercata e le sue variazioni sopra apposita scala, e che inoltre possono funzionare in recipienti chiusi. Credo perciò che questi areometri non solo possano interessare come un nuovo modo possibile per misurare il peso specifico dei liquidi col metodo idrostatico e senza incorrere nell'errore di capillarità, ma anche in vari casi presentino reali vantaggi sugli areometri attualmente in uso.

Sebbene io abbia eseguito molte esperienze con questo genere di areometri e con disposizioni diverse dei medesimi, il tempo e la pratica potranno suggerire utili modificazioni nei particolari della loro costruzione e del loro uso, ma tuttavia credo opportuno di esporre frattanto il principio su cui essi si fondano ed i principali risultati delle prove fatte sui medesimi.

1. *Areometri a peso costante e a inclinazione variabile; areometri a riflessione.* Il principio di questi areometri è il seguente: si abbia uno dei soliti areometri a peso costante, il quale immerso in un liquido, vi si immerga completamente e vada a fondo; se il vetro e la zavorra non sono uniformemente distribuiti attorno all'asse dell'areometro, questo, dopo toccato il fondo coll'estremità inferiore, s'inclina più o meno e poi rimane in equilibrio, formando col piano orizzontale un angolo che dipende dalla posizione reciproca del centro di gravità, del centro di spinta idrostatica e del punto d'appoggio, e dipende inoltre dal volume e dal peso dell'areometro e dalla densità del liquido, ma che, quando queste condizioni rimangono invariate, ha un valore notevolmente costante che si riproduce esattamente ogniqual-

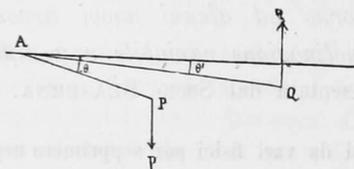


FIG. 1.

volta si ripete l'operazione. Un risultato simile s'ottiene se si ha un areometro che galleggi sporgendo in parte dal liquido e che abbia l'accennata dissimetria nella distribuzione della massa, e lo si obblighi ad immergersi completamente e ad appoggiarsi coll'estremità superiore contro la faccia inferiore d'una lastra di vetro orizzontale immersa nel liquido stesso.

La relazione fra la densità del liquido e l'angolo che l'asse dell'areometro fa col piano orizzontale è molto semplice, tanto che con una opportuna costruzione dello strumento si può far a meno di qualsiasi formula e leggere direttamente la densità cercata sopra un'apposita scala divisa in parti uguali.

Sia A il centro dell'estremità emisferica dell'areometro, la quale appoggia contro un sostegno piano ed orizzontale, sia P il centro di gravità e

Q il centro di spinta, sia p il peso dell'areometro, q la spinta nell'acqua di densità 1, e sia $AP=l$, $AQ=l'$. Perchè l'areometro rimanga in equilibrio occorre anzitutto che il piano del triangolo APQ sia verticale e che il vertice P sia al disotto del lato AQ; se però A rappresentasse un asse di rotazione perpendicolare al piano della figura, queste condizioni non sarebbero necessarie, ma sarebbero tuttavia utili in pratica per la stabilità dello strumento. Se poi, indichiamo con θ e θ' gli angoli che le rette AP, AQ fanno col piano orizzontale quando l'areometro è in equilibrio nell'acqua, affinchè questo sussista dev' essere:

$$pl \cos \theta = ql' \cos \theta'.$$

Immergendo l'areometro in un altro liquido di densità d nel quale la spinta avrà il valore qd e le inclinazioni di AP, AQ sull'orizzonte avranno variato d'uno stesso angolo α , per l'equilibrio dovrà essere:

$$pl \cos(\alpha - \theta) = ql' d \cos(\alpha - \theta')$$

e dividendo quest'uguaglianza per la precedente s'avrà:

$$d = \frac{\cos(\alpha - \theta)}{\cos \theta} : \frac{\cos(\alpha - \theta')}{\cos \theta'} = \frac{1 + \operatorname{tang} \theta \operatorname{tang} \alpha}{1 + \operatorname{tang} \theta' \operatorname{tang} \alpha}.$$

Se l'areometro è costruito o zavorrato in modo che nell'acqua esso si disponga coll'asse di figura pressochè orizzontale, e quindi $\operatorname{tang} \theta'$ sia nullo o molto piccolo, sarà:

$$d = 1 + (\operatorname{tang} \theta - \operatorname{tang} \theta') \operatorname{tang} \alpha = 1 + k \operatorname{tang} \alpha.$$

Il valore di k è una costante dell'areometro; non sarebbe impossibile determinarlo misurando i valori di θ e di θ' , ma riesce molto più sicuro e più esatto determinarlo misurando l'inclinazione che prende l'asse dell'areometro prima nell'acqua e poi in un liquido di densità nota d , la differenza delle due inclinazioni essendo α si avrà $k = (d - 1) : \operatorname{tang} \alpha$. Osservando poscia per un liquido qualsiasi la tangente dell'inclinazione dell'asse dell'areometro sopra una scala tale che nell'acqua l'areometro v'indichi la divisione zero e nel liquido suddetto la divisione $1 - d$ (ossia tale che la sua unità sia uguale ad $1:k$), essa tangente ci darà direttamente di quanto la densità cercata differisce dall'unità. In generale se l'areometro si dispone quasi orizzontalmente in un liquido di densità D e la sua inclinazione varia di α , se viene collocato in un liquido di densità D' s'avrà:

$$D' = D(1 + K \operatorname{tang} \alpha)$$

e K si potrà determinare come precedentemente collocando l'areometro prima nel liquido di densità nota D nel quale si dispone quasi orizzontalmente, e poscia in un altro liquido di densità nota, ed osservando la differenza α delle inclinazioni nei due casi.

Prendendo come misura della sensibilità il valore di $d\alpha:dD$ ossia $\cos^2\alpha:KD$ ne risulta che essa cresce allorchè decresce il valore di $K = \text{tang } \theta - \text{tang } \theta'$, ossia quando le congiungenti il punto fisso col centro di gravità e col centro di spinta si ravvicinano fra loro ed all'orizzontale ed essa cresce anche, prima rapidamente poi sempre più lentamente, quando α decresce da $\pi/2$ a zero.

Quindi per poter applicare le formole precedenti e per avere una grande sensibilità sarà utile che l'areometro possa prender la posizione orizzontale, e sarà utile altresì che esso possa inclinarsi tanto al disopra che al disotto di essa. Ciò si ottiene facilmente saldando all'estremità dell'areometro, la quale deve appoggiare, un'astina di vetro di circa 2 mm. di diametro C (fig. 2) ricurva in forma di uncino o di U capovolto, le cui estremità si trovino sul prolungamento dell'asse dell'areometro, il cui piano passi per il centro di gravità

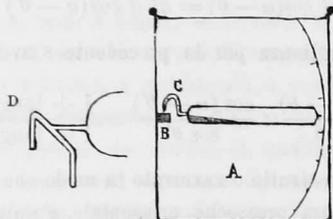


FIG. 2.

e per il centro di spinta, e la cui curva si trovi rispetto all'asse dalla parte opposta a quella del punto d'applicazione della forza preponderante, sia essa il peso dell'areometro o la spinta del liquido; l'estremità libera dell'astina, affilata e arrotondata in modo da terminare con una porzione di sfera di circa 0,5 mm. di diametro, appoggia sopra o sotto uno stretto piano orizzontale immerso nel liquido, a seconda che l'areometro tende ad andare a fondo oppure a venir a galla. Per evitare che l'azimut dell'areometro variasse troppo facilmente, dapprima usai come zavorra uno o più aghi magnetizzati coi poli volti dalla stessa parte; ma il dover disporre l'areometro nel meridiano magnetico riusciva non di rado incomodo ed inoltre l'areometro non obbediva che lentamente e incompletamente alla debole azione magnetica. Usai allora un doppio punto d'appoggio come vedesi in D, dove il ramo libero dell'astina suddetta si suddivide formando un secondo U ⁽¹⁾ il cui piano è perpendicolare all'asse di figura dell'areometro e le cui estremità, affilate e arrotondate, si trovano all'altezza di tale asse. In tal modo l'azimut

(1) Nella figura, in D, per isbaglio non è rappresentato il primo U e perciò il bulbo risulta troppo alto.

dell'areometro rimane costante purchè si evitino gli urti al tavolo o al recipiente, e purchè il piano d'appoggio sia ben orizzontale.

La forma e le dimensioni possono variare senza inconvenienti ma altresì senza grande utile; usai ora bolle sferiche zavorrate alle quali era saldata lateralmente un'asta, talora sottilissima, di peso e volume pressochè trascurabili, che terminava all'estremità libera coll'uncino che serviva di appoggio, usai altresì bolle cilindriche o periformi saldate, ora longitudinalmente, ora trasversalmente all'asta suddetta, collo scopo di variare le posizioni del centro di gravità e del centro di spinta. Evidentemente se l'attrito sul punto d'appoggio fosse sensibile, gioverebbe che i momenti delle due forze antagoniste fossero grandi; ma siccome, come risulta da esperienze descritte in seguito, tale non è il caso, l'aumento sia della spinta che del suo braccio di leva risultano pressochè inutili.

La forma più semplice è quella che è rappresentata nella figura 2, e che consta semplicemente di un tubo cilindrico di vetro più o meno lungo e largo, chiuso alle estremità, convenientemente zavorrato e munito ad un'estremità dell'uncino suddetto D e all'altra estremità d'una punta che serve da indice; come zavorra servivano pallini di piombo rinchiusi nel tubo insieme a molta cera, i quali si potevano raccogliere e fissare in varie posizioni fondendo e lasciando poscia consolidare la cera. La sensibilità dell'areometro da quanto s'è visto è piccola se i pallini sono raccolti in uno strato col centro di gravità per quanto è possibile basso e vicino all'uncino, ed è molto grande se il centro di gravità è molto vicino all'asse del tubo e lontano dall'uncino, per quanto lo consente la stabilità dell'areometro.

Nel recipiente A che contiene il liquido del quale si cerca la densità, è fissata con ceralacca o altro mastice più conveniente, contro una parete ed a metà altezza, una striscia sottile di vetro da specchi B col suo piano orizzontale e sopra o sotto di essa si appoggia l'estremità dell'areometro.

Due condizioni essenziali per l'applicabilità delle formule e per il buon funzionamento dell'areometro sono che il punto fisso sia esattamente tale e quindi AP ed AQ abbiano valori costanti e direzioni fisse rispetto all'areometro, e che inoltre l'attrito che s'opporrebbe alla rotazione attorno al punto A sia trascurabile.

La 1^a condizione è certamente soddisfatta quando le estremità colle quali l'areometro appoggia sopra un piano orizzontale sono sensibilmente sferiche, quali risultano per effetto della fusione del vetro, e di piccolo diametro; i momenti del peso dell'areometro possono prendersi rigorosamente rispetto alla congiungente i centri di esse sfere, la quale non partecipa alla rotazione dell'areometro, ed anche se il piano d'appoggio non fosse esattamente orizzontale, o fosse sostituito da una superficie leggermente concava, lo spostamento di tale retta sarebbe affatto trascurabile.

Conviene inoltre a questo proposito notare che in questo strumento la fisicità dell'asse di rotazione non ha tanta importanza come nel caso della bilancia; in questa la distanza del centro di gravità del giogo dall'asse di rotazione essendo molto piccola (dal calcolo della deviazione che vi produce il peso di 1 mgr., con dati approssimativi per le dimensioni e il peso del giogo, essa mi risulterebbe di circa $\frac{1}{2}$ decimo di millimetro), una variazione minima nella posizione di questo asse può produrre una variazione relativamente molto notevole della distanza stessa, e quindi del momento esercitato dal peso del giogo ed equilibrato dalla differenza di peso nei piatti; quindi nel caso della bilancia sarebbe poco esatto il dedurre la differenza di peso suddetta dall'inclinazione del giogo, fuorchè nel caso che entrambe queste quantità fossero molto piccole. Invece negli areometri ora descritti le distanze dei punti d'applicazione delle due forze che si fanno equilibrio dall'asse di rotazione, essendo di parecchi centimetri, una variazione minima nella posizione di questo asse non produrrebbe che variazioni trascurabili nei valori di l ed l' , e per di più queste variazioni essendo dello stesso segno, i loro effetti si distruggerebbero più o meno completamente qualora l ed l' fossero non molto differenti.

Per assicurarmi che anche la 2^a condizione è soddisfatta, cioè che l'attrito è realmente trascurabile, usai un areometro della forma rappresentata nella figura, il quale resi molto sensibile, disponendo la zavorra quasi simmetricamente attorno all'asse del tubo, in modo che il centro di gravità e quindi la AP fosse poco al disotto di tale asse. Di più aumentai ancora la sensibilità osservando le deviazioni col metodo della riflessione, e a tale scopo fissai sull'uncino uno specchietto, collocai l'areometro in un recipiente pieno d'acqua a faccie abbastanza piane, ed osservai nello specchietto mediante un cannocchiale distante da esso metri 1,50 l'immagine d'una scala verticale adiacente al cannocchiale; tale immagine non era molto nitida specialmente per raggi obliqui, tuttavia era possibile apprezzare i decimi delle divisioni millimetriche della scala.

Per iscornere se esiste una influenza sensibile dell'attrito sulla posizione d'equilibrio dell'areometro, usavo successivamente tre modi diversi, cioè prima davo urti ora forti ora deboli al tavolo e al recipiente, per effetto dei quali l'areometro saltellava e si spostava sul suo piano d'appoggio e non di rado ne era sbalzato fuori, poscia deviai l'areometro dalla posizione d'equilibrio sollevandone o deprimendone l'estremità libera, e finalmente toglievo affatto l'areometro dall'acqua e poi di nuovo lo rimettevo a posto. In tutti tre i casi la divisione della scala coincidente col filo orizzontale del reticolo, passato il periodo di perturbazione, ritornò sempre invariata e solo si spostava da un lato all'altro del campo a causa delle piccole variazioni dell'azimut dell'areometro; rimane così dimostrato che nelle condizioni accennate l'attrito non esercita influenza sensibile sulla inclinazione dell'areometro.

Temendo che l'attrito potesse diventar sensibile qualora le due sferette colle quali s'appoggia l'areometro avessero un diametro alquanto diverso e quindi la rotazione fosse necessariamente accompagnata da un leggero strisciamento di una delle due superficie sferiche contro il piano, aumentai progressivamente il diametro di una delle sferette fino a 2,7 mm. mentre l'altra rimaneva di 0,7 mm. ma anche in questo caso, operando nei modi suddetti, non mi fu possibile constatare l'esistenza dell'attrito.

Un inconveniente che presenta questo modo d'appoggio e che in taluni casi può riuscire molto incomodo, è quello della instabilità; se lo stretto piano sul quale appoggia l'areometro non è orizzontale, in seguito agli urti e alle vibrazioni inevitabili del tavolo, l'areometro facilmente si sposta e ne cade, e ciò può avvenire anche se il piano suddetto è orizzontale in seguito a scosse un po' forti, oppure anche senza scosse se il piano è molto inclinato; un apposito riparo può impedire tale caduta, ma spesso può porre un certo ostacolo alla libera inclinazione dell'areometro. Credo però che si potrà rimediare a tale instabilità sostituendo al piano d'appoggio una superficie cilindrica concava, p. es. una striscia longitudinale d'un tubo di vetro, oppure due superficie concave nel fondo delle quali appoggino le due sferette terminali dell'areometro, ma non ho sperimentato con queste disposizioni e non so se anche in tal modo l'attrito riesca insensibile.

Provai invece altri modi d'appoggio, cercando d'ottenere che l'areometro fosse più stabilmente e quasi indissolubilmente connesso col suo sostegno, e sostituii all'uncino D un ago d'acciaio perpendicolare all'asse di figura dell'areometro e che poteva ruotare sopra un piano di vetro o due tubi coassiali, o entro due anelli pure di vetro che facevano da cuscinetti, oppure fissai il tubo o gli anelli all'areometro e l'ago d'acciaio al sostegno, ma in tutti questi casi, forse in gran parte a causa della costruzione imperfetta, l'attrito era molto notevole, e perciò la posizione d'equilibrio dell'ago cambiava per effetto degli urti, ed allorchè esso veniva deviato non ritornava più esattamente alla posizione primitiva.

Un modo di sospensione che mi parve presentare attrito minimo o nullo, e che è stabilissimo ma col quale feci poche esperienze, si ha colla sospensione bifilare, con due fili paralleli un po' distanti (p. es. 1 cm.) i quali assicurano l'invariabilità del piano nel quale varia l'inclinazione dell'areometro, ma non impediscono quest'ultima che si può produrre liberamente attorno all'asse determinato dai punti d'attacco dei fili all'areometro. L'uncino della figura era sostituito da una corta astina o ago trasversale alle cui estremità legavo i fili; feci alcune prove con fili di bozzolo e con seta da cucire, e l'attrito risultò trascurabile, però l'inclinazione dell'ago variava un poco allorchè variavo l'inclinazione dell'asse di rotazione, tuttavia mi parve che, colle opportune cure per render fissi i punti d'attacco dei fili, con tale disposizione si possano avere risultati soddisfacenti.

Sulla misura dell'inclinazione dell'areometro, sulle cause d'errore che essa presenta, e sul grado d'esattezza che si può ottenere senza ricorrere a mezzi straordinari e non giustificati, non ho fatto che poche esperienze, ma credo tuttavia utile accennare ai vari modi che si possono seguire. Si può adattare l'arco graduato sulla faccia anteriore del recipiente il quale dovrà essere a faccie piane, alto, largo e poco spesso; la casa Leybold di Colonia fornisce recipienti di dimensioni svariatissime formati di lastre da specchi o riunite con un mastice resistente agli acidi e adattatissimi per questo scopo. Sarà utile che almeno le principali divisioni dell'arco graduato siano prolungate fino ad incontrare la tangente verticale dell'arco stesso, la quale potrà essere divisa nel modo precedentemente indicato.

Con questa disposizione sono specialmente nocivi gli spostamenti longitudinali dell'areometro, i quali distruggono la necessaria coincidenza dell'asse di rotazione col centro dell'arco graduato, e quindi converrà cercare con qualcuno dei mezzi indicati o con altri mezzi di impedire tali spostamenti. Si potrà altresì misurare l'inclinazione mediante un'alidada, e così gli spostamenti dell'asse di rotazione dell'areometro riusciranno innocui, purchè si conduca l'alidada ad esser sempre parallela ai lati o all'asse di figura dell'areometro.

Si può anche inclinare il recipiente finchè i suoi lati o una retta qualsiasi tracciata su di esso siano paralleli all'areometro, ed allora si potrà usare un recipiente qualsiasi purchè trasparente, ma sarà necessario un modo di sospensione più stabile di quello ad uncino. Servendomi della sospensione bifilare e per mezzo di un sostegno Bunsen potei costruire provvisoriamente una disposizione che permetteva di misurare la densità del liquido senza toglierlo dalla boccetta nel quale era conservato. La boccetta, quasi piena di liquido, era tenuta solidamente pel collo mediante una delle solite pinze del sostegno suddetto e poteva esser inclinata o fissata in qualsiasi inclinazione mediante una delle solite morsette a rotazione; l'areometro era sospeso pei due fili paralleli le cui estremità superiori erano legate ad un tubo di vetro in forma di T attraversante un tappo di grandezza adatta per la boccetta. Introdotto l'areometro nella boccetta, fissato il tappo nel suo collo, inclinavo questa e la fissavo, quando i lati dell'areometro erano paralleli, a quelli della boccetta e leggevo sopra una scala la tangente dell'inclinazione, mediante un indice che partiva dall'asse di rotazione.

Finalmente si può misurare l'inclinazione dell'areometro fissando a esso uno specchietto ed osservando in questo con cannocchiale fisso l'immagine d'una scala fissa; l'effetto della rifrazione subita dai raggi luminosi, la quale aumenta bensì la deviazione dei raggi stessi e quindi la sensibilità, ma essendo diversa pei diversi liquidi non può essere trascurata, può essere eliminato completamente immergendo la scala nel liquido, oppure quasi completamente, applicandola contro la faccia esterna del recipiente, e disponendo inoltre l'asse ottico del cannocchiale perpendicolarmente ad essa faccia. Si può invece deter-

minare l'indice di rifrazione, e a tale scopo è molto adatto il metodo noto che consiste ad osservare in uno specchio verticale, immerso per metà, le due immagini d'una scala orizzontale, l'una attraverso l'aria, l'altra attraverso il liquido e determinando lo spostamento rispettivo.

Riguardo all'uso di questo metodo è anche da notare che si può far a meno d'un recipiente a faccie piane e trasparenti, purchè lo specchietto si disponga in posizione orizzontale sopra all'areometro e si osservino con cannocchiale verticale le immagini d'una scala orizzontale, oppure si faccia uso d'uno specchio a 45° collocato al disopra del recipiente e che renda orizzontali i raggi diretti al cannocchiale orizzontale.

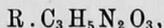
La sensibilità di questi areometri può esser resa grandissima; collocando opportunamente la zavorra, ho ottenuto facilmente areometri la cui inclinazione nell'acqua variava di circa 40° per una variazione nella temperatura di due o tre gradi, ossia di pochi diecimillesimi nella densità (1); siccome d'altra parte il metodo della riflessione permette di apprezzare e misurare frazioni piccolissime di grado, ne risulta che tale sensibilità è realmente molto notevole. Con apparecchi così sensibili la scala è necessariamente molto limitata in valore assoluto, sebbene gli areometri a riflessione a pari sensibilità abbiano una scala molto più estesa degli altri; converrà quindi avere una serie di areometri adatti alle densità che si vogliono misurare, oppure far variare l'inclinazione mediante pesi accessori.

Chimica. — *Sopra i nitrochetoni e gli ortonitroderivati* (2).

Nota di ANGELO ANGELI, presentata dal Socio G. CIAMICIAN.

Le interessanti comunicazioni di A. Lucas e di Hantzsch e Veit sopra i nitrochetoni (3) e la polemica fra Hantzsch ed Henry sulla priorità della loro scoperta, mi porgono occasione di far rilevare che ancora cinque anni or sono (4) assieme al dott. Enrico Rimini io ho ottenute sostanze le quali con tutta probabilità appartengono a questa classe di composti.

Ancora a suo tempo io ho dimostrato che tanto l'isosafrolo quanto il safrolo possono addizionare una molecola di anidride nitrosa per dare due nitrositi isomeri:



(1). Tale areometro può quindi servire come termometro molto sensibile per la temperatura ambiente; se il bulbo che contiene aria è aperto nella parte inferiore, esso può servire altresì come barometro sensibilissimo. Sull'uso di questi ed altri areometri e del ludione come barometri, sono in corso esperienze che potranno esser oggetto di una prossima Nota.

(2) Lavoro eseguito nel laboratorio di chimica farmaceutica della R. Università di Palermo.

(3) Ber. 32, pag. 575 e seguenti.

(4) Gazzetta Chimica. XXV, II, pag. 188.