

33. Oscar D'AGOSTINO. — Sopra alcune particolarità degli aerosoli.

Riassunto. — Sono stati preparati degli aerosoli di cloruro di ammonio e di varie sostanze organiche.

L'aerosolo prodotto veniva fatto passare su una massa filtrante disposta in modo da non trattenere completamente l'aerosolo; le particelle che passavano oltre questa massa venivano invece raccolte, completamente, da un filtro elettricamente isolato e collegato ad un dispositivo che permetteva di controllare la grandezza ed il segno della loro carica prevalente.

Si è cercato di stabilire se l'elettrizzazione delle particelle dell'aerosolo può essere messa in relazione alla struttura della sostanza che lo costituisce e se la capacità filtrante delle masse adoperate può essere messa in rapporto con la formazione su di esse di punti elettricamente attivi, dovuta al passaggio dell'aerosolo, oppure alla struttura delle sostanze che le compongono.

E' stato infine esaminato l'effetto di esaltazione della capacità filtrante di fibre varie, specialmente animali, dovuto ad un loro rivestimento con sostanze varie e messo in rapporto con la struttura di queste sostanze.

Sui fatti osservati sono state esposte alcune ipotesi.

Résumé. — On a préparé des aérosols de chlorure d'ammonium et de diverses substances organiques.

On faisait passer l'aérosol produit sur une masse filtrante de façon à ne pas retenir complètement l'aérosol; par contre, les particules qui passaient au delà de cette masse étaient recueillies complètement par un deuxième filtre isolé électriquement et relié à un dispositif qui permettait de contrôler la valeur et le signe de leur charge prédominante.

On a cherché d'établir si l'électrisation de l'aérosol peut être mise en relation avec la structure de la substance qui le constitue et si la capacité filtrante des masses employées peut être mise en corrélation avec la formation sur celles-ci de points électriquement actifs, due au passage de l'aérosol, ou à la structure des substances qui les composent.

On a enfin examiné l'augmentation de la capacité filtrante de diverses fibres, particulièrement animales, en conséquence de l'application sur celles-ci d'un revêtement de substances diverses, et l'on rattache cette augmentation à la structure des substances elles-mêmes.

Diverses hypothèses ont été avancées sur les faits ainsi observés.

Summary. — Some aerosols have been prepared, of ammonium chloride and of various organic substances.

beyond this mass were instead completely collected by a second filter in such a way as not to retain entirely the aerosol; the particles passing beyond this mass were instead completely collected by a second filter electrically isolated and connected with a device permitting to control the magnitude and sign of their prevalent charge.

It has been attempted to establish whether the electrization of the aerosol can be correlated with the structure of the substance of which it consists and whether the filtering capacity of the masses used can be correlated with the formation on the same of electrically active points, due to the passage of the aerosol, or to the structure of the substances of which they are composed.

Lastly, the effect has been studied of the increase in filtering capacity observed in various fibres, especially animal ones, as a consequence of the application on the same of a coating of various substances, this effect being correlated with the structure of the said substances.

Some hypotheses have been advanced to explain the facts thus observed.

Zusammenfassung. — Es sind einige Aërosole aus Ammoniumchlorid und verschiedenen organischen Substanzen hergestellt worden.

Das erhaltene Aërosol wurde durch eine filtrierende Masse geseiht, die das Aërosol nicht ganz zurückhält. Die durch diese Masse durchgedrungenen Teilchen wurden statt dessen gänzlich von einem zweiten, elektrisch isoliertem Filter gesammelt, der mit einer Anordnung verbunden ist, die es ermöglicht die Grösse und das Zeichen der vorherrschenden Ladung der Teilchen zu kontrollieren.

Es wurde versucht festzustellen, ob die Elektrisierung des Aërosols mit der Struktur der ihn formenden Substanz in Zusammenhang gebracht werden kann ob die Filtrierfähigkeit der verwendeten Massen mit den, durch das Durchdringen des Aërosols entstandenen elektrisch-aktiven Punkten auf ihnen oder mit der Struktur der sie formenden Substanzen, in Beziehung steht.

Schliesslich wurde der Exaltations-effekt der Filtrierungsfähigkeit verschiedener und besonders tierischer Fasern durch Ueberziehen mit der Struktur dieser Substanzen in Zusammenhang gebracht.

Ueber die beobachteten Tatsachen wurden einige Deutungen wiedergegeben.

1. — INTRODUZIONE

Il meccanismo della formazione di particelle elettricamente cariche negli aerosoli è piuttosto complicato per quanto sia semplice la loro causa principale che è l'attrito. In particolare non sembra sufficientemente chiarito se tale meccanismo può essere posto in relazione con la struttura delle sostanze che danno luogo ad aerosoli ⁽¹⁾.

Nel presente lavoro si è cercato di indagare fino a che punto è possibile stabilire questa relazione.

Nel corso delle esperienze si è pure esaminato il comportamento di masse filtranti messo in rapporto con la presenza negli aerosoli di particelle elettricamente cariche e la possibilità di una formazione o di una preesistenza sulle masse di punti capaci di servire come centri di precipitazione di tali particelle.

Gli aerosoli adoperati in queste esperienze sono stati fumi di cloruro di ammonio e di composti organici vari ottenuti, principalmente, per volatilizzazione delle sostanze a temperatura poco elevata.

2. — DISPOSITIVO SPERIMENTALE

Il dispositivo sperimentale usato è schematicamente rappresentato nella fig. 1.

In un piccolo forno elettrico tubolare 1 è collocato un grosso tubo di vetro duro dove vengono introdotte le sostanze che si vogliono trasformare in aerosoli.

L'estremità a valle del tubo, da cui entra l'aria, porta, esternamente al forno, una derivazione collegata ad un manometro *m* tarato, «una tantum», in litri di aria per ora; dall'altra estremità, mediante condotte in vetro con giunzioni di gomma e la manovra dei rubinetti *a* e *b*, la corrente d'aria che trascina i fumi viene inviata nell'apparecchio di controllo della carica elettrica 4, direttamente o attraverso il filtro 2 e la camera di osservazione 3; inoltre la manovra dello stesso rubinetto *a* e quella del rubinetto *c* consente di escludere sia il filtro 2 che l'apparecchio di controllo 4.

La manovra del rubinetto *d* consente infine di diluire convenientemente il fumo con aria quando si voglia usare una velocità di trasporto molto grande; senza questa precauzione sarebbe difficile in questi casi mantenere il forno a temperatura costante e si avrebbero inoltre fumi di

(1) N. FUCHS, Ueber die Ladung und Stabilität von Aerosolen, J. physik. Chem. [russ.], 6, 30 (1935); N. FUCHS u. J. PETRJANOV, Ibidem, 7, 312 (1936).

eccessiva concentrazione: anche il volume di aria che si può inviare attraverso questo rubinetto è controllato con un secondo manometro m_1 .

Il filtro 2 è costituito da un grosso cilindro di vetro munito di basi in legno entro il quale tra due reticelle metalliche verniciate si dispone la massa filtrante che si vuole esaminare.

La camera di osservazione 3 è costituita da un cilindro metallico di altezza piuttosto piccola rispetto al suo diametro, con le basi formate da

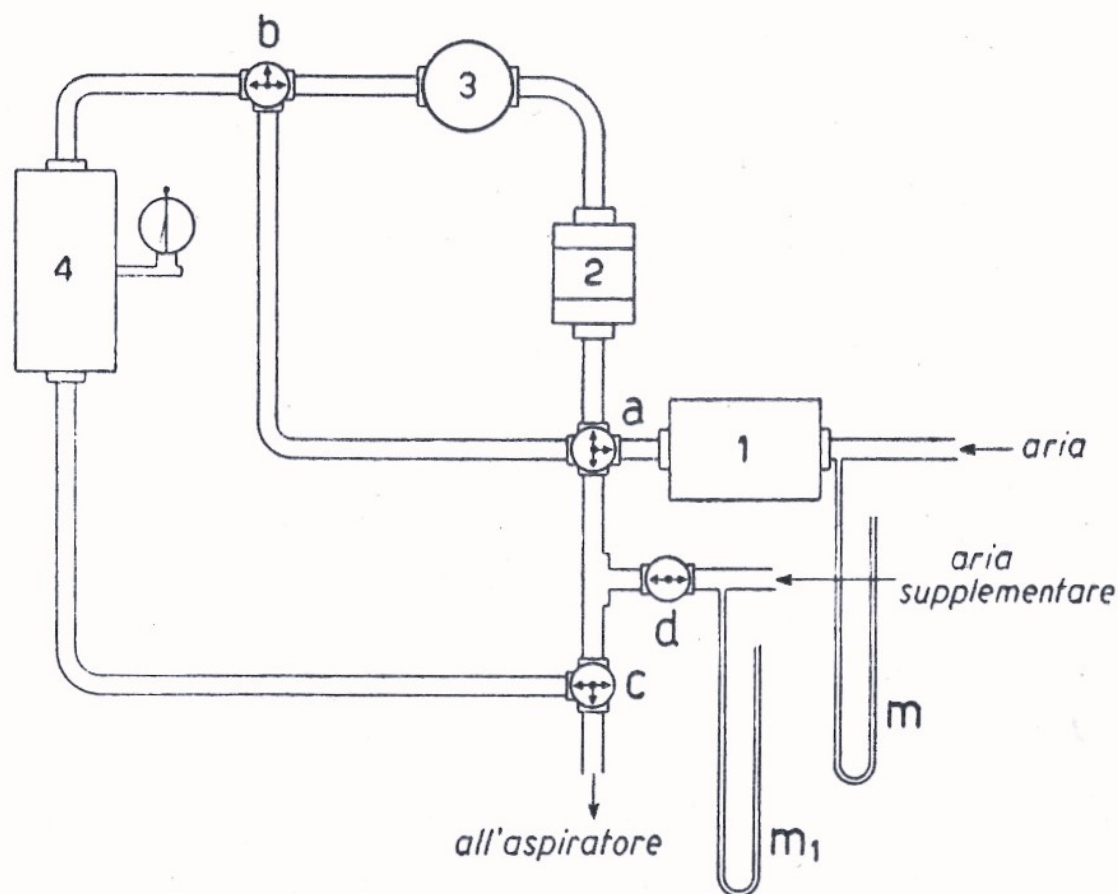


FIG. 1.

due lastre di vetro: essa serve ad osservare qualitativamente la capacità di filtrazione delle masse filtranti disposte in 2: la camera è illuminata da una lampada opportunamente disposta e non rappresentata nella figura.

Il rubinetto di uscita c è collegato, per il tramite di un serbatoio di metallo che serve da regolatore di pressione, ad un aspiratore centrifugo di aria: questa parte dell'apparecchio non è rappresentata nella figura.

L'apparecchio di controllo 4, destinato alla osservazione delle particelle elettricamente cariche trascinate dai fumi è più dettagliatamente rappresentato nella fig. 2.

Nell'interno di un cilindro di lamiera metallica A, sostenuto dai due tappi di ambra e ed e_1 , è contenuto un sistema filtrante formato da due

imbusti metallici b e b_1 riuniti per le basi da un corpo cilindrico C dove, appoggiato ad una delle due reticelle metalliche d e d_1 , viene posto un filtro di carta di porosità tale da trattenere meccanicamente tutte le particelle del fumo (filtri Schleicher e Schüll n. 589).

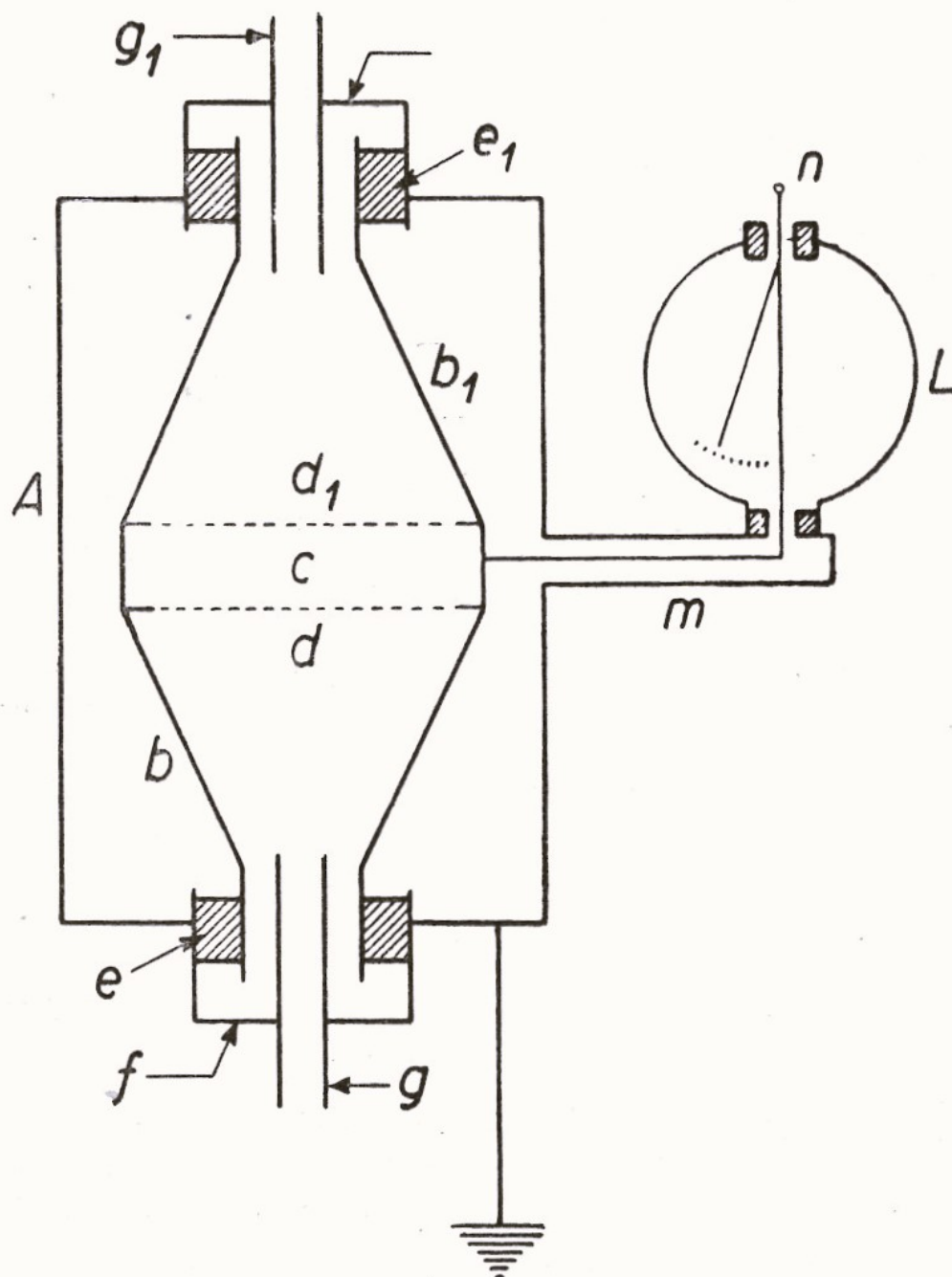


FIG. 2.

Il cilindro A, come si vede in figura, risulta elettricamente isolato dal sistema filtrante per mezzo dei due tappi di ambra: questi sono muniti di due coperchi f ed f_1 che sostengono i due tubi g e g_1 : quando i due coperchi sono al loro posto ciascun tubo penetra, senza toccarlo, nel collo del rispettivo imbuto.

Uno dei tubi, come già indicato in precedenza, va al forno generatore di fumi, l'altro all'aspiratore.

Il cilindro e gli imbusti sono smontabili per consentire l'introduzione e il rinnovo del filtro di carta.

Il complesso, sostanzialmente, costituisce un condensatore la cui armatura esterna — formata dal cilindro, dai coperchi dei tappi e relativi tubi — è messa a terra, mentre l'armatura interna — formata dal sistema filtrante — è isolata ed è elettricamente collegata all'armatura isolata di un elettroscopio a foglia L la cui armatura esterna attraverso il tubo di sostegno m e il cilindro A è parimenti messa a terra.

Il funzionamento dell'apparecchio è il seguente:

Per mezzo di una batteria di pile a secco e per il tramite del bottone n dell'elettroscopio si può dare a tutta l'armatura isolata dell'apparecchio (sistema filtrante) un potenziale positivo o negativo, a seconda dei casi, fino a 100 v; la foglia dell'elettroscopio si sposta, perciò, dalla sua posizione verticale di riposo ed assume, rispetto alla asticina che la sostiene, una determinata posizione angolare.

Sistemato sul bottone n il suo coperchietto metallico di guardia, non rappresentato in figura, ogni variazione di potenziale della armatura isolata — determinata ad esempio dalla cattura di particelle cariche contenute nei fumi che si fanno passare attraverso il filtro di carta — è rilevata da uno spostamento della foglia dalla posizione assunta dopo aver ricevuta la carica.

Se la carica delle particelle catturate è prevalentemente dello stesso segno della carica data al sistema filtrante si ha un aumento di potenziale del sistema che si manifesta con un innalzamento della foglia dalla sua posizione; se invece la carica delle particelle è prevalentemente di segno contrario il potenziale diminuisce e la foglia dell'elettroscopio scende.

Gli spostamenti della foglia sono osservati mediante un cannocchiale a debole ingrandimento munito di scala graduata.

Nell'apparecchio realizzato la corrente di fuga spontanea (dovuta alla ionizzazione dell'aria e alle perdite nell'isolante) allo stato di riposo — quando cioè non si fa passare attraverso il filtro nè aria nè fumo — è relativamente molto piccola (poco più di 1 divisione della scala per ora) e perciò trascurabile tenuto conto della durata di ogni esperienza che di solito è di 15' fino a 30' al massimo.

La sensibilità dell'apparecchio (circa 1,2 v per divisione) non è molto grande così che essa — pur essendosi dimostrata sufficiente, in quasi tutti i casi osservati, a permettere di rilevare la carica degli aerosoli adoperati — non consente di rilevare una elettrizzazione per attrito dell'armatura isolata per il passaggio di aria, non contenente fumi, attraverso il filtro di carta, almeno con le velocità di efflusso da noi normalmente usate. Con velocità più grandi si osserva un piccolo effetto di cui

tuttavia, nelle relative esperienze non si è tenuto conto dato il carattere qualitativo delle prove.

E' infatti abbastanza chiaro che il dispositivo indicato anche per altri fattori, difficilmente valutabili, non si presta a misure quantitative; nondimeno si possono apprezzare, le più notevoli differenze tra gli effetti elettrici in prove successive comparative avendo cura, in tali prove, di mantenere costanti il più possibile i fattori più importanti come la temperatura di produzione dei fumi, la velocità di efflusso dell'aria e perciò la concentrazione del fumo.

3. — ESPERIENZE PRELIMINARI

In una prima serie di esperienze è stato sperimentato il comportamento di alcuni fumi di sostanze organiche ottenuti per volatilizzazione

TABELLA I.

CARICA ELETTRICA DI ALCUNI FUMI OTTENUTI A TEMPERATURA ELEVATA

N. delle esperienze	Sostanza adoperata	Metodo di ottenimento del fumo	Carica prevalente delle particelle	Intensità dell'effetto
1	Tabacco	combustione parziale	positiva	forte
2	Carta	» »	negativa	fortissimo
3	Incenso	» »	negativa	medio
4	Benzoino	» »	positiva	fortissimo
5	Canfora	volatilizzazione a 400°	positiva	molto deb.
6	Antracene	» »	positiva	molto deb.
7	Betanaftilamina	» »	negativa	molto deb.
8	Cloridrato di »	» »	negativa	molto deb.
9	Cloridrato di bornile	» »	non si è osservata una carica prevalente.	
10	Antrachinone	» »	positiva	debole
11	Alizarina	» »	negativa	debole
12	Cloridrato di anilina	» »	negativa	debole
13	Cloruro di ammonio	per esplosione	positiva	forte
14	» »	per volatil. a 250°	negativa	debole
15	» »	per comb. diretta di $\text{NH}_3 + \text{HCl}$	negativa	debole

a temperatura piuttosto elevata (300°-400°) e, per alcune sostanze, anche per combustione parziale. Per il cloruro di ammonio l'aerosolo è stato invece ottenuto nella esperienza n. 13 facendo deflagrare in un grosso recipiente di ferro una miscela di carbone e clorato potassico contenente il 50% circa di cloruro di ammonio; i fumi raccolti venivano convogliati attraverso il rubinetto *d* dell'aria supplementare (fig. 1): nell'esperienza n. 14 invece l'aerosolo è stato ottenuto per volatilizzazione del sale a circa 250°; nella esperienza n. 15 infine è stato ottenuto per combinazione diretta di vapori di ammoniaca e di acido cloridrico adoperando, a tale scopo, lo stesso recipiente di ferro usato nella preparazione per esplosione.

La velocità dell'aria nell'apparecchio corrispondeva ad una portata di circa 600-650 l/h.

In queste esperienze preliminari i fumi venivano convogliati direttamente all'apparecchio di controllo elettrico senza farli passare per il filtro 2 e la camera di osservazione 3.

Per ogni fumo il risultato indicato nella tabella 1 è ricavato da due serie di prove fatte dando all'armatura isolata dell'apparecchio di controllo rispettivamente una carica positiva o negativa di 60 v.

I filtri adoperati erano come già indicato, filtri di carta Schleicher e Schüll n. 589. Tranne nel caso dei fumi di carta e di tabacco questi filtri trattenevano quasi completamente i fumi delle altre sostanze organiche indicate nella tabella, completamente quelli del cloruro di ammonio.

4. — INFLUENZA DELL'ATTRITO

Per esaminare l'influenza dell'attrito sulla produzione di particelle cariche si è scelto l'aerosolo di cloruro di ammonio.

TABELLA II.

INFLUENZA DELL'ATTRITO SULLA CARICA ELETTRICA DI FUMI DI CLORURO DI AMMONIO, OTTENUTI PER VOLATILIZZAZIONE A 230°-240°

N. delle esperienze	Veloc. di trascinaz. corrispondente ad una portata in l/h, di:	Durata delle prove in m'	Intensità dello effetto senza rimescolamento supplementare	Intensità dell'effetto con rimescolamento supplementare
1	10 l/h	15'	nessun effetto	—
2	10 l/h	30'	» »	debolissimo
3	20 l/h	30'	» »	sensibile
4	25 l/h	30'	» »	debole
5	40 l/h	30'	» »	debole
6	50 l/h	15'	» »	debole
7	50 l/h	30'	debolissimo	sensibile
8	60 l/h	15'	debolissimo	sensibile
9	60 l/h	30'	debolissimo	sensibile
10	80 l/h	15'	debolissimo	sensibile
11	80 l/h	30'	debole	sensibile
12	100 l/h	15'	debole	medio
13	200 l/h	15'	sensibile	forte
14	300 l/h	15'	sensibile	forte
15	400 l/h	15'	sensibile	fortissimo
16	500 l/h	15'	medio	—
17	600 l/h	15'	medio	fortissimo
18	700 l/h	15'	medio	—
19	800 l/h	15'	forte	—
20	1.000 l/h	15'	forte	—

Questo veniva ottenuto per riscaldamento a 230°-240° di agglomerati di cloruro di ammonio ottenuti impastando il sale in polvere con poca acqua e quindi facendo essiccare; dal blocco si ricavano dei blocchetti

di eguali dimensioni che avevano all'incirca un peso di 20 g ciascuno; questi blocchetti venivano introdotti nel forno già portato alla temperatura di lavoro.

Per ottenere un aumento dell'attrito delle particelle di cloruro di ammonio il fumo all'uscita del forno — dove si faceva passare soltanto una corrente d'aria della velocità corrispondente ad una portata di 25 l/h — veniva mescolato con aria supplementare, derivata dal rubinetto *d* della fig. 1, entro un grosso cilindro di vetro disposto verticalmente collocato in luogo del filtro 2.

Il cilindro era chiuso da due tappi di legno attraversati dai tubi di entrata e di uscita del fumo; il tappo superiore era attraversato inoltre da un alberello di metallo che portava, alla estremità interna al tubo, un'elica che poteva essere fatta girare a 1500; 2000; 3000 giri al m' mediante una puleggia collocata all'estremità esterna.

Come risulta dalla tabella II sono state fatte prove, con e senza agitazione supplementare del fumo mediante l'elica, facendo variare la velocità di efflusso dell'aria da quella corrispondente ad una portata di 10 l/h fino a quella di una portata di circa 1000 l/h.

La durata delle esperienze è stata di 15' o 30'; in tutte si è data all'armatura isolata dell'apparecchio di controllo una carica negativa di 40 v, essendo risultato dalle prove preliminari che i fumi di cloruro di ammonio possiedono in prevalenza particelle cariche negativamente.

In prove supplementari non riportate nella tabella, si è voluto vedere se prevale, a determinare la carica delle particelle, l'attrito di queste tra di loro oppure quello con le pareti dei tubi, del cilindro di vetro, della camera d'osservazione ecc.: si è perciò preventivamente fatto ricoprire tutto l'interno dell'apparecchio con uno strato di cloruro di ammonio; poi si sono ripetute alcune delle esperienze. Da queste prove è risultato che prevale l'attrito delle particelle tra di loro.

5. — INFLUENZA DELLA TEMPERATURA DI PREPARAZIONE DEL FUMO

Dalle prove precedenti si era ricavato che nelle condizioni sperimentali da noi attuate si comincia ad osservare una carica nei fumi di cloruro di ammonio preparati per volatilizzazione del sale a circa 230°-240°, con una velocità di trascinamento corrispondente ad una portata di aria di 50 l/h.

Per esaminare l'influenza della temperatura si è usato lo stesso dispositivo indicato al paragrafo 4, senza far ruotare l'elica, mantenendo la velocità minima più sopra indicata e facendo variare la temperatura di volatilizzazione del cloruro di ammonio da 200° fino a 500°.

Dalle prove fatte è risultato che al disotto di 230° - 240° la quantità di sale volatilizzato è troppo piccola perchè si possa osservare col nostro dispositivo di controllo una carica nei fumi anche con una durata di esperienza di più di 30'. Aumentando la temperatura oltre 230° - 240° l'intensità della carica cresce, ma cresce anche, irregolarmente, la quantità di cloruro di ammonio che volatilizza nei primi minuti della esperienza.

6. — ESAME DI MASSE FILTRANTI

Per la filtrazione dell'aria contenente aerosoli non è infrequente specie in alcuni casi speciali (maschere protettive) l'impiego di masse filtranti costituite, per lo più, da fibre animali.

L'efficacia filtrante di queste masse difficilmente si può mettere in rapporto ad una pura e semplice azione meccanica riferita alle dimensioni delle particelle dell'aerosolo, a quelle dei vuoti esistenti tra fibre adiacenti della massa filtrante ed anche al cammino tortuoso che le particelle sono costrette a seguire per attraversare la massa: la facilità di colmatazione dei filtri del genere è infatti sensibilmente più piccola di filtri — costruiti in modo da avere la stessa resistenza dinamica iniziale al passaggio dell'aria — dove l'azione filtrante può essere messa più evidentemente in rapporto ai precedenti fattori, come per es. in filtri di carta porosa.

Ci è sembrato perciò interessante vedere se le proprietà filtranti di masse fibrose di varia natura o anche di materiali in granuli potessero essere messe in relazione con la presenza negli aerosoli di particelle elettricamente cariche e alla presenza o alla formazione sulla fibra di centri capaci di servire come centri attivi di precipitazione per dette particelle.

Per queste prove si è usato il dispositivo già indicato nella fig. 1.

Le masse filtranti in esame venivano disposte nel filtro 2 tra le due reticelle metalliche verniciate: una delle due reticelle è fissa, l'altra può scorrere nel cilindro parallelamente alla prima ed essere fissata in una posizione qualunque. E' così possibile, variando la quantità o la compressione del materiale adoperato ottenere filtri aventi all'incirca la stessa iniziale resistenza dinamica in un largo intervallo della velocità di passaggio dell'aria contenente i fumi. Si è tuttavia avuto cura che i filtri così ottenuti non fossero capaci di bloccare completamente le particelle dei fumi almeno entro i limiti della durata delle nostre esperienze; era in tal modo possibile raccogliere la parte del fumo passato oltre sopra il filtro di carta dell'apparecchio di controllo della carica.

In queste prove si è usato come aerosolo soltanto fumo di cloruro di ammonio. Il fumo era ottenuto per volatilizzazione a 230° - 240° di pezzetti di agglomerati del sale (preparati come già indicato) del peso di

50 g: esso veniva trascinato con una corrente d'aria della portata di 50 l/h. L'aria passava tutta attraverso il forno e il fumo veniva inviato, sulla massa filtrante e nell'apparecchio di controllo, soltanto dopo 2-3 m' dalla introduzione del cloruro di ammonio nel forno in modo da poter avere un aerosolo di concentrazione regolare e uniforme.

In queste condizioni, in accordo con le precedenti esperienze, senza l'interposizione di masse filtranti nel filtro 3 non si poteva svelare traccia nel fumo di particelle cariche, nemmeno per un periodo di osservazione di oltre 40', superiore alla durata media delle nostre prove che variava da 15 m' fino ad un massimo di 30 m'.

In queste prove all'armatura isolata dell'apparecchio di controllo è stata data sempre una carica negativa di 40 v essendosi dimostrato, nelle prove orientative fatte per normalizzare le condizioni sperimentali, che le particelle del fumo — con tutti i materiali da noi usati per le masse filtranti — mostravano sempre in prevalenza carica negativa.

Il potere filtrante delle masse è stato determinato dosando il cloruro d'ammonio raccolto sul filtro di carta dell'apparecchio di controllo e quello raccolto sulle masse filtranti impiegate.

TABELLA III.

CARICA ELETTRICA DEI FUMI CHE ATTRAVERSANO UNA MASSA FILTRANTE

N. delle esperienze	Materiale costituente la massa filtrante	Durata della prova in m'	Carica prevalente delle particelle del fumo	Intensità dello effetto	Potere filtrante della massa
1	Paglia di ferro	30'	ness. carica	—	quasi nullo
2	Paglia di similoro	30'	ness. carica	—	quasi nullo
3	Paglia di alluminio	30'	ness. carica	forte	quasi nullo
3	Carbone: granuli da 1-2 mm di $\varnothing$	15'	negativa	forte	molto debole
5	Pomice: granuli da 2-4 mm di $\varnothing$	15'	negativa	forte	molto debole
6	Trucioli di ebanite	15'	negativa	forte	molto debole
7	Trucioli di bachelite	15'	negativa	molto forte	molto debole
8	Lana di vetro	15'	negativa	molto forte	debole
9	Fibre di cotone	15'	negativa	molto forte	discreto
10	Fibre di lino	15'	negativa	molto forte	discreto
11	Fibre di canapa	15'	negativa	forte	discreto
12	Raion	15'	negativa	forte	scarso
13	Fibre di lana: lana in fiocco grezza	15'	negativa	molto forte	buono
14	Fibre di lana: lana in fiocco sgrassata	15'	negativa	forte	buono
15	Crine di cavallo	15'	negativa	forte	discreto
16	Setole	15'	negativa	forte	discreto
17	Seta di bozzolo	15'	negativa	forte	buono
18	Fibre di amianto	15'	negativa	forte	debole

La buona normalizzazione delle condizioni sperimentali ci ha consentito di ricavare dall'apparecchio di controllo dati abbastanza concor-

danti circa l'intensità della carica dei fumi messa in rapporto con la quantità di cloruro di ammonio raccolta sul filtro di carta: tuttavia anche in questi casi si è data nella tabella III una indicazione della intensità soltanto generica.

7. — FUMI DI SOSTANZE ORGANICHE

Con lo stesso dispositivo e le stesse modalità indicate al precedente paragrafo, sono stati esaminati i fumi di alcune sostanze organiche come la betanaftilamina, il cloridrato di betanaftilamina, il cloridrato di anilina, il cloruro di bornile, l'acido tetracloro-ftalico, il clorodinitrobenzolo.

Il risultato di queste prove è che si può osservare una intensa elettrizzazione del fumo (sempre con prevalenza di cariche negative) soltanto con il cloridrato di anilina e l'acido tetracloro-ftalico. Con le altre sostanze anche usando velocità di trascinamento e concentrazioni relativamente elevate, non si osserva un effetto elettrico sensibile e si deve quindi dedurre che le loro particelle o non sono cariche o se lo sono possiedono cariche dei due segni in egual misura.

E' notevole rilevare che l'intensità dell'effetto che si ha con il cloridrato di anilina è molto più elevato in confronto di quello che si può osservare con l'acido tetracloro-ftalico ed è solo comparabile con quello che si ha con il cloruro d'ammonio.

8. — INFLUENZA DELL'INVECCHIAMENTO DEL FUMO

Nelle esperienze preliminari e in quelle precedenti sulle masse filtranti, fatte con cloruro di ammonio, era stato notato che prolungando l'esperienza oltre la loro durata normale si trovava qualche volta che il segno della carica prevalente dei fumi, inizialmente negativo, diventava positivo.

L'osservazione portò a rilevare che questo accadeva specialmente quando per qualche inciampo si doveva sospendere a mezzo una prova per ripigiarla dopo aver lasciato tutto il sistema sperimentale ripieno di fumo.

Avendo supposto che il fatto potesse attribuirsi a modifiche della struttura cristallina delle particelle del fumo per invecchiamento furono fatte delle apposite esperienze.

Il fumo veniva ottenuto per deflagrazione della già indicata miscela di carbone e clorato potassico contenente il 50% circa di cloruro d'ammonio entro un grosso recipiente di ferro dove si faceva soggiornare per 20°-30°: a causa della facile coagulazione dell'aerosolo ottenuto si sono dovute adoperare quantità relativamente grandi di miscela (che veniva

bruciata solo in piccoli quantitativi per volta) per ottenere alla fine una quantità di fumo sufficiente per la prova.

Il fumo dal recipiente veniva mandato all'apparecchio di controllo attraverso il filtro 2 contenente come massa filtrante lana in fiocco sgrassata.

Si è usata dapprima una corrente d'aria di 200 l/h e si è trovato che il fumo si elettrizzava appena nonostante la maggiore velocità di efflusso: inoltre mostrava prevalentemente una molto debole carica positiva anziché negativa: l'effetto è stato confermato con prove fatte a velocità di efflusso maggiore (fino a 400-500 l/h).

L'effetto si è ottenuto, in altre prove, anche con fumo di cloruro di ammonio ottenuto per volatilizzazione a 230°-240° e fatto invecchiare per 30', in misura ancora meno intensa ma sempre apprezzabile: in questo caso si è visto che rimescolando violentemente il fumo, col piccolo apparecchio già descritto, prima del suo invio nel recipiente di invecchiamento l'effetto diventa più facilmente rilevabile.

Le esperienze sono state ripetute con altre sostanze dissociabili in fase vapore come il cloridrato di anilina e l'acido tetracloro-ftalico: con il primo si sono ottenuti effetti anche più appariscenti del cloruro di ammonio mentre con l'acido tetracloro-ftalico l'effetto era meno intenso.

9. — INFLUENZA DI UN RIVESTIMENTO DEI MATERIALI PER MASSE FILTRANTI

Operando con lana di vetro, nelle prove precedenti, era stato osservato che l'elettrizzazione da essa prodotta delle particelle di un fumo di cloruro di ammonio era a volte straordinariamente intenso, altre volte relativamente piccolo.

Si attribuì il fatto, in un primo momento, alla diversa sezione dei fili delle varie lane di vetro adoperate: in seguito si è invece constatato che, pur avendo la sezione dei fili una certa importanza sopra l'intensità del fenomeno, la causa principale era da ricercarsi in un velo di acqua tenacemente adsorbito sulla superficie dei fili stessi e che poteva essere eliminato solo scaldando a lungo la lana di vetro a 110°.

Anche gli altri materiali impiegati come masse filtranti si sono mostrati molto sensibili alla umidità: come era da aspettarsi le fibre vegetali e qualche fibra artificiale (raion) presentavano una sensibilità alla umidità maggiore della lana e di altre fibre animali.

Il rivestimento di queste fibre con paraffina, cere naturali e artificiali, resine, ecc., riduceva sensibilmente l'influenza della umidità.

Prove successive, fatte con tutti i materiali per masse filtranti indicati nella tabella III, hanno mostrato che con le paglie metalliche nes-

un rivestimento determina variazioni delle loro proprietà: non si osserva nessuna carica elettrica nei fumi di cloruro d'ammonio nè viene aumentato il loro debolissimo potere filtrante.

Con il carbone e la pomice la capacità di questi materiali, adoperati come masse filtranti, ad elettrizzare i fumi di cloruro di ammonio, diminuisce sensibilmente mentre rimane inalterata la loro molto debole capacità filtrante.

Con le fibre vegetali e con quelle animali, in particolare, si nota, a seconda della sostanza di rivestimento usata, un aumento della loro capacità ad elettrizzare i fumi di cloruro d'ammonio ed inoltre, una esaltazione del potere filtrante; l'uno e l'altro effetto non si possono attribuire esclusivamente all'azione, che pure queste sostanze esercitano, di sottrarre le fibre alle conseguenze della umidità.

Operando ad es. con lana in fiocco sgrassata rivestita di gommalacca (per imbibizione della fibra con una soluzione di gommalacca, spremitura dell'eccesso di soluzione e successivo essiccamento) e con fumi di cloruro d'ammonio ottenuti a 230°-240° con una corrente d'aria di 50 l/h, con lo stesso dispositivo della fig. 1, in 5 m' si sono raccolti sulla massa filtrante circa 5 g del sale e sul filtro dell'apparecchio di controllo circa 0,3 g.

Con la stessa quantità di lana rivestita di paraffina disposta nel filtro 2 in modo da avere una resistenza dinamica iniziale uguale a quella del filtro precedente, nelle stesse condizioni, si sono raccolti sulla massa filtrante circa 3 gr del sale, sul filtro dell'apparecchio di controllo circa 1,7 gr.

Dalla letteratura si conosce che le masse filtranti usate in alcuni casi pratici (maschere protettive) sono in effetti munite di rivestimenti di di resine o miscele di resine la cui natura è per lo più taciuta.

Si è voluto perciò esaminare la questione in via orientativa ripromettendoci di studiarla più completamente in un successivo lavoro.

Come materiale di rivestimento sono state esaminate oltre le sostanze già indicate (paraffina, cera d'api, cera carnauba, ceresina), anche resine naturali con molecole a struttura lineare (gommalacca) e varie resine naturali a molecole sferiche (colofonia, manilla, sandracca, dammar, benzoino, copale di Kauri). Inoltre si è sperimentato con celluloidi, acetato di cellulosa, con resine artificiali varie di policondensazione (novolacca, rexoli, albertoli, plastopal, gliptal) e con qualche resina di polimerizzazione e prodotti similari (caucciù, clorocaucciù, oppanol I. G., acetato di polivinile, alcole polivinilico, polistirolo).

In queste prove è stato anzitutto chiarito che l'aumento della capacità filtrante si ha già con strati estremamente sottili, quali quelli che si possono ottenere usando per l'imbibizione delle fibre soluzioni assai

diluite, mentre con strati più spessi, talvolta non si ha nessun vantaggio, sovente si ha una diminuzione della capacità filtrante.

Circa l'efficacia della esaltazione della capacità filtrante in rapporto con la struttura delle sostanze adoperate per il rivestimento i risultati di queste ricerche orientative mostrano abbastanza chiaramente che le resine naturali con molecole a struttura lineare mostrano maggiore attività delle resine con molecole a struttura sferica e che le resine artificiali di policondensazione sono più attive delle resine artificiali di polimerizzazione.

10. — RICAPITOLAZIONE DEI FATTI SPERIMENTALI TROVATI.

Nelle condizioni realizzate nelle nostre esperienze è principalmente risultato:

a) negli aerosoli in movimento, in condizioni simili a quelle che si hanno in alcune applicazioni pratiche (maschere protettive), la elettrizzazione delle particelle dell'aerosolo assume spesso valori tanto elevati da potersi mettere in evidenza, facilmente, anche con apparecchiature di controllo relativamente poco sensibili;

b) l'elettrizzazione degli aerosoli di sostanze varie, specialmente composti organici che non possiedono gruppi polari, è meno sensibile degli aerosoli di sostanze che possiedono gruppi polari per quanto la presenza di questi gruppi non sembri una condizione sufficiente;

c) sostanze fortemente dissociate in fase vapore nei loro componenti (cloruro di ammonio, cloridrato di anilina) danno origine ad aerosoli molto elettrizzabili per attrito;

d) quando negli aerosoli da noi usati si trovano particelle cariche queste presentano, generalmente, una carica prevalentemente negativa;

e) l'invecchiamento degli aerosoli ottenuti da sostanze fortemente dissociate in fase vapore riduce anche la capacità delle particelle del fumo ad elettrizzarsi per attrito;

l'invecchiamento o un forte e prolungato rimescolamento degli aerosoli, specialmente di sostanze fortemente dissociate in fase vapore, produce la tendenza a dare particelle che per attrito assumono una carica di segno contrario a quella che si osserva negli stessi aerosoli non invecchiati o non rimescolati;

f) se gli aerosoli si fanno passare attraverso masse filtranti disposte in modo da non trattenerli completamente, si osserva un sensibile aumento della elettrizzazione delle loro particelle; il fatto è più appariscente con masse filtranti formate da fibre animali, specialmente lana; meno appariscente con fibre vegetali o artificiali; si osserva intensamente anche con sostanze fibrose minerali naturali (amianto) o artificiali (lana di

vetro); non si mette in evidenza invece con paglie metalliche o di sostanze organiche artificiali ad alta costante dielettrica;

g) l'assorbimento superficiale di acqua da parte delle masse filtranti generalmente riduce l'intensità della elettrizzazione delle particelle degli aerosoli che le attraversano;

il rivestimento dei materiali delle masse filtranti con sostanze che ne diminuiscano la capacità assorbente per l'acqua riduce l'effetto della umidità;

h) per quanto in maniera non completamente evidente non sembra che si possa mettere in rapporto la capacità filtrante per gli aerosoli delle masse esaminate con la elettrizzazione degli aerosoli che le attraversano;

i) la capacità filtrante delle fibre vegetali ed animali, ma specialmente di quest'ultime e, tra queste, particolarmente della lana, è accresciuta rivestendo le fibre con strati estremamente sottili di alcune sostanze specialmente resine naturali o artificiali: l'effetto sembra meno sensibile con resine a molecole a struttura sferica e con prodotti di polimerizzazione, più sensibile con resine a molecole lineari e con prodotti di policondensazione.

11. — ORIGINE DELLE CARICHE ELETTRICHE ED IPOTESI SULL'AZIONE FILTRANTE

L'elettrizzazione dei corpi per contatto o per attrito non ha ricevuto finora una spiegazione esauriente, tranne nel caso dei metalli dove la spiegazione è più semplice per la presenza di elettroni quasi completamente liberi. In tutte le altre sostanze, dove non è possibile ammettere la presenza di elettroni liberi nella stessa misura che nei metalli, la difficoltà è maggiore e non è stato possibile perciò stabilire una regola d'indole generale.

L'esperienza tuttavia ci costringe ad ammettere che anche in tutti i reticoli non metallici (siano essi reticoli atomici, reticoli ionici o molecolari) gli elettroni debbano godere una mobilità quale quella che si mette chiaramente in evidenza ogni qual volta vengano turbate le condizioni di equilibrio delle superfici limiti. Questa relativa mobilità si manifesta nel contatto o, in forma più generale, nell'urto o attrito di due particelle materiali qualsiasi; ma, diversamente da quanto succede nei metalli, essa rimane limitata al relativamente piccolo gruppo di molecole interessate.

Per causa dell'attrito si provoca nelle particelle venute in contatto una variazione della tensione superficiale la quale determina il passaggio degli elettroni da una particella all'altra.

Non è facile tuttavia prevedere in ogni singolo caso, in qual senso possa avvenire tale passaggio, poichè a dirigere il fenomeno entrano in gioco altri fattori i quali talvolta possono essere in contrasto fra di loro.

I più importanti tra questi fattori sono la durezza e la densità.

La durezza è una proprietà caratteristica del tipo di legame che unisce gli atomi nel solido e le sua relazione con l'elettrizzazione per attrito è che in una serie di sostanze aventi lo stesso tipo di reticolo la sostanza più dura cede elettroni alla sostanza meno dura. Per ogni determinato tipo di reticolo, inoltre, la densità regola il senso del passaggio di elettroni. Così mentre nei metalli è quello meno denso che cede elettroni al più denso, in altri tipi di reticoli generalmente si verifica il contrario. Allo stato attuale delle nostre conoscenze non si possono però ancora trarre da questi fatti delle relazioni quantitative.

Fra particelle della stessa natura si possono avere differenze di densità dovute a differenze di temperatura e queste a loro volta possono essere causate dall'attrito.

In tal modo si possono spiegare molti fatti di elettrizzazione per attrito di particelle di una stessa sostanza: la particella fredda, più densa, cede infatti elettroni a quella calda che è meno densa; può però accadere che se una delle particelle è molto più calda dell'altra essa può cedere elettroni a quella fredda per effetto termoionico. Così per es. è classico il caso dello zolfo a 80°C , che, strofinato con zolfo a temperatura ordinaria assume carica negativa assorbendo gli elettroni ceduti dallo zolfo freddo più denso, mentre lo stesso zolfo portato a circa 116°C , strofinato con zolfo freddo, si carica positivamente per effetto degli elettroni che cede a quello freddo.

Naturalmente sulla capacità che hanno le sostanze a cedere o ad acquistare elettroni hanno grande influenza altre proprietà come la costante dielettrica, le deformazioni reticolari e l'assorbimento superficiale di gas o di ioni da parte delle particelle che vengono ad urtarsi.

E' noto già da tempo che l'attrito tra sostanze a costante dielettrica differente determina il passaggio di elettroni dalla sostanza a costante dielettrica maggiore a quella a costante dielettrica inferiore.

Per quel che riguarda l'origine delle cariche nei nostri fumi ci sembra che si debbano prendere in considerazione le ultime due cause accennate.

Dalle nostre prove si ricava che se l'attrito è necessario per ottenere particelle cariche esso non è sufficiente e la natura della sostanza deve perciò costituire per la determinazione del fenomeno un fattore non trascurabile. D'altra parte il cloruro di ammonio e il cloridrato di anilina, che sono state le sostanze che ci hanno fornito i maggiori effetti, hanno in comune la caratteristica che i loro vapori sono fortemente dissociati (rispettivamente in acido cloridrico e ammoniaca; acido cloridrico e

anilina) e che le particelle del fumo provengono da una ricombinazione delle molecole risultanti dalla dissociazione.

Sembra probabile perciò ammettere che le particelle dei fumi di cloruro di ammonio e di cloridrato di anilina, prima di arrivare allo stato cristallino passino attraverso uno stadio intermedio caratterizzato da una distribuzione ionica imperfetta e cioè possedente un basso grado di cristallizzazione.

E' probabile che particelle così imperfettamente costruite possano più facilmente elettrizzarsi anche per un effetto meccanico relativamente lieve, come l'attrito, nelle condizioni sperimentali da noi realizzate.

Questa ipotesi è avvalorata da diversi fatti.

Se non vi è attrito delle particelle non vi è formazione di cariche elettriche; d'altra parte, se si sperimenta con fumi di cloruro di ammonio, preparati per esplosione o per evaporazione, che siano stati opportunamente raccolti e vengano quindi usati per le prove soltanto dopo qualche tempo dalla loro preparazione, si osserva un effetto elettrico solo con grande difficoltà. Bisogna quindi pensare che la capacità del cloruro di ammonio a dare per attrito fumi carichi sia limitata ad un breve periodo di tempo dopo la formazione del fumo perchè essa è propria delle particelle che si trovano in uno stadio iniziale di basso grado di cristallizzazione.

Lo strappamento per attrito di un elettrone da un cristallo regolarmente formato richiede un lavoro certamente maggiore che nella pratica si può raggiungere solo con una azione meccanica intensa (triboelettricità).

D'altra parte è noto che tutti i cristalli ottenuti per sublimazione presentano la caratteristica di una forma cristallina imperfetta, come pure che in alcuni metalli esistono delle fasi iniziali che si trasformano in altre attraverso una serie di stadi intermedi a struttura complicata ed imperfetta come è mostrato da varie anomalie che essi presentano (per es. variazioni delle proprietà magnetiche).

Considerazioni analoghe a quelle fatte per il cloruro di ammonio si possono fare anche per il cloridrato di anilina.

Non si può tuttavia escludere l'altra ipotesi, e cioè che, nell'atto stesso della loro formazione, le particelle del fumo possano assorbire, analogamente a quanto si verifica negli idrosoli, degli ioni Cl^- o NH_4^+ e per conseguenza anche uno strato di aria. Questo strato, per effetto dell'attrito, può essere rotto mettendo in evidenza la carica elettrica.

Le esperienze finora eseguite non ci permettono di stabilire quale delle due ipotesi possa essere più vicina al vero.

Per quanto riguarda l'azione filtrante le stesse esperienze non ci permettono di escludere in maniera certa la formazione sulle fibre di centri elettrici di precipitazione provocati dall'attrito delle particelle

degli aerosoli che li attraversano: nondimeno alcuni fatti ci fanno propendere per questa esclusione.

Uno di questi è che masse filtranti di fibre vegetali o artificiali, oppure di lana di vetro, di carbone, di pomice in granuli mentre possiedono la proprietà di elettrizzare più o meno fortemente le particelle del fumo che le attraversano possiedono scarse capacità filtranti e in qualche caso quasi nulle.

Inoltre le sostanze resinose che stratificate in strato molto sottile su alcune fibre animali ne esaltano la capacità filtrante, adoperate per altri materiali filtranti non danno luogo ad un corrispondente aumento di tale capacità, mentre influiscono abbastanza sensibilmente sulla loro capacità di elettrizzare le particelle dei fumi che li attraversano.

Si dovrebbe perciò ammettere che la capacità filtrante delle fibre animali sia dovuta ad altra origine e precisamente alla preesistenza su di esse di centri attivi capaci di bloccare le particelle del fumo.

Questi centri per noi si identificherebbero con i gruppi polari i quali sono molto più numerosi nelle fibre animali che non nelle fibre vegetali e mancano nelle sostanze che hanno capacità filtranti palesemente assai scarse.

L'azione delle resine sulle fibre animali conferma questa ipotesi.

Esse infatti agiscono bene solo quando si trovano stratificate sulla fibra in strato estremamente sottile mentre deprimono la capacità filtrante quando si trovano in strato relativamente spesso.

Il complesso di assorbimento lana-resina a nostro parere deve possedere alla sua superficie un numero molto grande di centri attivi, tale cioè da costituire per il fumo un complesso di centri di precipitazione superiore già a quello della sola lana e molto superiore a quello delle fibre vegetali e di qualche fibra artificiale.

E' naturalmente probabile che questi centri di precipitazione possano avere anche una azione selettiva per i fumi nel senso che gruppi diversi possono essere più attivi per ancorare sostanze a natura acida o a natura basica.

Ci ripromettiamo di estendere queste ricerche sulle resine con l'intendimento di stabilire se con l'aumentare delle catene laterali e dei gruppi attivi dei costituenti della resina si riesca ad aumentare ulteriormente la capacità filtrante e anche se sia possibile ottenere filtri selettivi mediante l'introduzione di determinati gruppi attivi.

Roma. — Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di fisica. 30 maggio 1949.

