

48. M. AGENÒ, M. CHIOZZOTTO e R. QUERZOLI — Sulla nuova tecnica dei contatori a scintillazione. — Nota II.

Riassunto. — Si studia la fluorescenza eccitata in liquidi puri e soluzioni da parte di raggi γ di 2,62 MeV. Si trova, in particolare, che le soluzioni di naftalina in xilolo non soddisfano la legge di Perrin.

Résumé. — La plus grande difficulté qu'il faut surmonter dans l'emploi des nouveaux compteurs à étincellement pour l'étude de la radiation cosmique est due à l'insuffisance du volume sensible de ces compteurs. Dans ce mémoire on étudie la possibilité de remplacer le cristal fluorescent par un liquide transparent et fluorescent. A l'aide d'un dispositif en cm^3 utilisant un photomultiplicateur du type 931A, on trouve qu'un grand nombre de liquides est faiblement fluorescent aux rayons γ de 2,62 MeV, tandis qu'il existe des solutions, dont le pouvoir fluorescent n'est pas considérablement inférieur à celui d'un cristal de naphthaline. Les solutions de naphthaline dans le xylol, qui possèdent un pouvoir fluorescent de moyenne intensité, ne satisfont pas à la loi de Perrin.

Summary. — The main difficulty encountered in the use of the new scintillation counters applied to the study of cosmic radiation is caused by the smallness of the sensible volume of such counters. In this paper the possibility is studied of substituting for the fluorescent crystal a transparent and fluorescent liquid. By means of a d. c. device utilizing a photomultiplier of the 931A type, it is found that a large number of liquids are only slightly fluorescent to γ -rays of 2,62 MeV, whereas there are solutions, whose fluorescent power is not much inferior to that of a naphthalene crystal. Solutions of naphthalene in xylol, which have a fluorescent power of middle intensity, do not comply with Perrin's law.

Zusammenfassung. — Die wichtigste zu überbrückende Schwierigkeit bei der Anwendung der neuen Szintillationszähler bei der Beobachtung der kosmischen Radiationen, hängt von der Eingeschränktheit des sensiblen Volumen dieser Zähler ab. In der vorliegenden Mitteilung wird versucht, das fluoreszierende Kristall mit einer fluoreszierenden und durchsichtigen Flüssigkeit zu ersetzen. Mit Hilfe einer Gleichstromanordnung und Anwendung eines Photomultiplikators Type 931 A erzielt man, dass eine grosse Anzahl von Flüssigkeiten für γ Strahlen von 2,62 MeV leicht fluoreszierend ist, während es Lösungen gibt, deren Fluoreszenzvermögen nicht viel kleiner ist als jenes des Naphthalinkristalles. Bei Naphthalinlösungen in Xylol, welche ein Fluoreszenzvermögen von mittlerer Intensität besitzen, ist das Gesetz von Perrin nicht gültig.

Come si è detto in una precedente nota ⁽¹⁾, le possibilità d'impiego dei contatori a scintillazione appaiono talmente ampie, da far sì che si possa guardare alla nuova tecnica come ad una delle più promettenti. Una severa limitazione è tuttavia imposta dalla ristrettezza del volume sensibile, legato alle dimensioni del cristallo fluorescente.

Tale limitazione può essere in parte compensata mediante l'impiego di opportuni mosaici cristallini e di dispositivi ottici per la concentrazione almeno parziale della luce delle scintillazioni, nonché mediante la messa in parallelo di più fotomoltiplicatori. Essa costituisce tuttavia sempre la principale difficoltà da superare per poter usare questi contatori nello studio della radiazione cosmica, ove la rarità degli eventi da osservare esige generalmente l'impiego di larghe aree sensibili.

Proseguendo nel nostro studio sistematico, ci siamo proposti di vedere se l'impossibilità di procurarsi dei cristalli fluorescenti di molto grandi dimensioni non fosse per caso una difficoltà superabile sostituendo al cristallo un opportuno liquido trasparente e fluorescente.

Nella vastissima e molto dispersa bibliografia della fluorescenza ⁽²⁾, esistono molti lavori relativi a liquidi puri e soluzioni eccitati con radiazioni ultraviolette. Non ci è stato invece possibile trovare nessuna utile indicazione su la fluorescenza eccitata nei liquidi da radiazioni α , β e γ . Abbiamo perciò deciso di fare a questo proposito delle ricerche sperimentali, sui primi risultati delle quali riferiamo nella presente nota.

Il dispositivo da noi adottato è rappresentato schematicamente nella fig. 1. Il fotomoltiplicatore tipo 931A, raffreddato con CO_2 solida è contenuto in una scatola termicamente isolante, portante in corrispondenza del fotocatodo una finestra chiusa con una lastrina di vetro. Per evitare che la lastrina si raffreddi e quindi su di essa condensi l'umidità atmosferica, la superficie anteriore della scatola è riscaldata mediante una spiralina di nichelcromo percorsa da una corrente opportuna.

Una sorgente di raggi γ (circa 12 millicurie di MsTh) contenuta in un tubetto metallico del diametro di 1,5 cm, veniva posta per le misure alla distanza di circa 3 cm dal vetro della finestra. I liquidi da esaminare, contenuti in vaschette di vetro a facce piane e parallele di spessore variabile tra 0,5 e 3,0 cm, venivano posti a seconda dei casi a contatto con la sorgente oppure con la finestra. Essendo necessaria la massima costanza

(1) M. AGENO, M. CHIOZZOTTO e R. QUERZOLI, Rend. Acc. Lincei; vedi anche: N. C. Maggio 1949.

(2) Per un'esposizione riassuntiva dei principali risultati si veda: M. CURIE, Fluorescence et Phosphorescence, Paris, Hermann (1946).

della tensione di alimentazione del FM, abbiamo adoperato a questo scopo con ottimi risultati un alimentatore stabilizzato tipo P7 dell'Italaelettronica.

Come misura del potere fluorescente del liquido in esame abbiamo assunto il valore della corrente anodica del FM (detratta la corrente oscura), misurata mediante un elettrometro tipo Trabacchi ⁽³⁾ dalla caduta di tensione ai capi di una resistenza da 10,5 Megaohm. A parità di

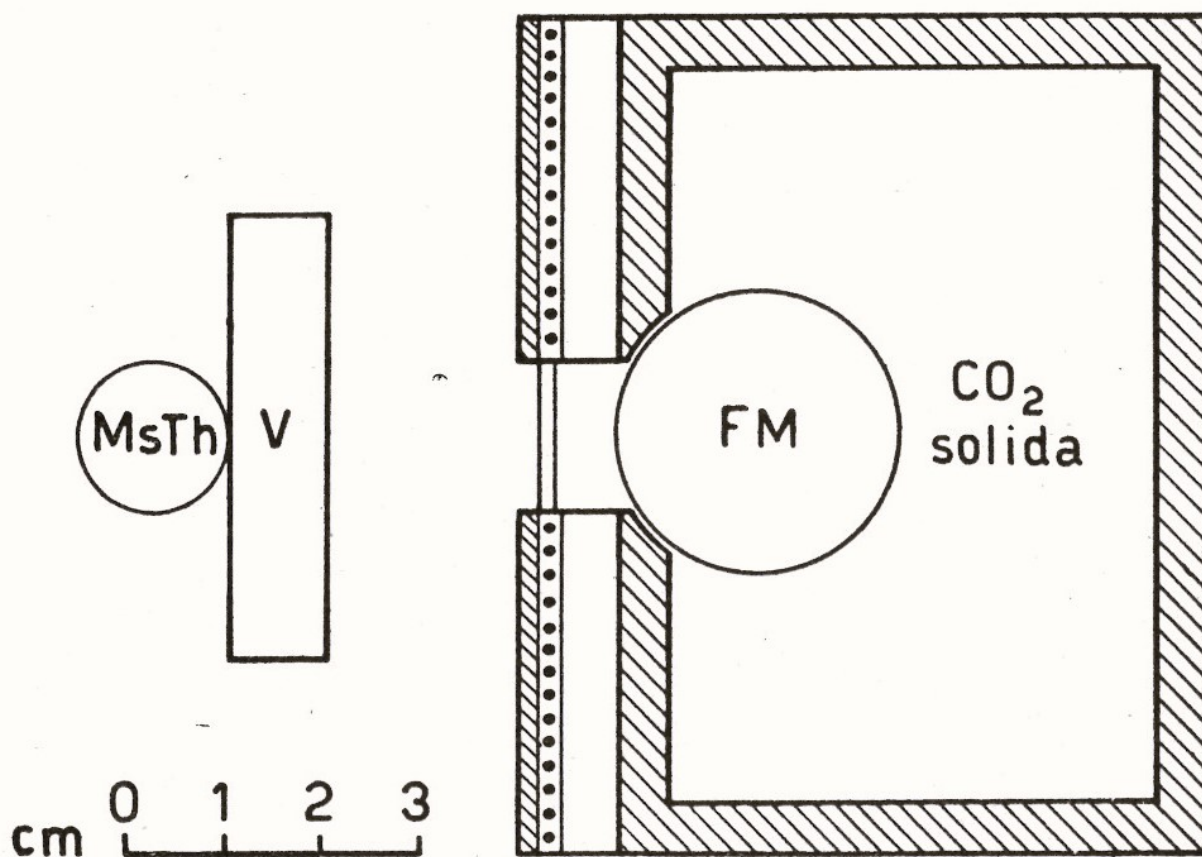


FIG. 1

condizioni geometriche e di irraggiamento, questo dato è sensibilmente proporzionale al numero dei fotoni emessi dall'unità di volume della soluzione per quanto γ incidente.

Con tale dispositivo abbiamo innanzi tutto esaminato un gran numero di liquidi e di soluzioni sia organiche sia inorganiche. Quasi tutte le sostanze esaminate hanno determinato un aumento della corrente anodica del FM compreso in genere tra una e tre volte la corrente di fondo. In pochi casi non abbiamo osservata nessuna attività, in alcuni altri delle attività decisamente maggiori e non molto inferiori a quelle ottenibili in condizioni geometriche non troppo dissimili da una larga lastra

⁽³⁾ G. C. TRABACCHI, Rend. Ist. Sup. Sanità, V, 644 (1942).

di naftalina trasparente dello spessore di $2 \div 3$ mm. Almeno nei limiti di queste prime esperienze orientative, quei liquidi e quelle soluzioni che si distinguono per delle brillanti fluorescenze all'ultravioletto, non hanno manifestato ai raggi γ attività più intense della media delle altre sostanze. La fig. 2 fa vedere l'andamento della corrente anodica del FM nelle condizioni geometriche della fig. 1, al crescere dello spessore del liquido in esame, per alcuni dei più comuni solventi.

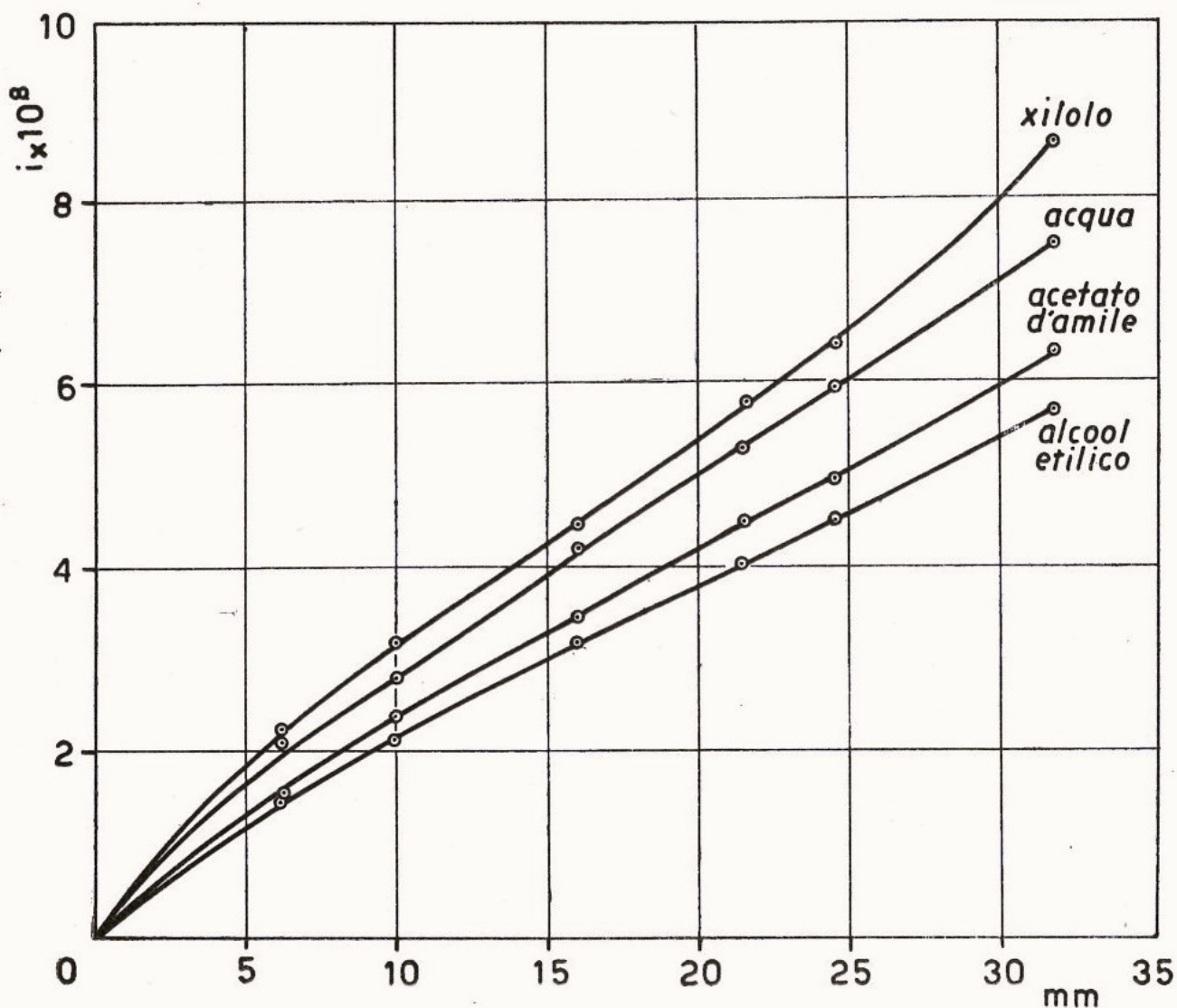


FIG. 2

Ci siamo naturalmente preoccupati di dimostrare che l'aumento della corrente anodica imputabile ai liquidi esaminati sia effettivamente dovuto a emissione da parte del liquido di fotoni di lunghezza d'onda compresa nella zona di sensibilità del fotocatodo ($3000 \div 5000$ Å) e non per esempio ad elettroni Compton emessi dal liquido sotto l'azione dei raggi γ incidenti, ed estraenti dei secondari dal fotocatodo. Che il contributo degli elettroni estratti dal liquido sia del tutto trascurabile è stato da noi verificato in tre modi diversi:

1) un sottile foglio di carta nera interposto tra la vaschetta contenente il liquido e la finestra del FM riduce sempre la corrente anodica al suo valore di fondo;

2) sostituendo alla vaschetta col liquido una laminetta di piombo di spessore tale da emettere un numero di elettroni secondari assai più grande di quello emesso dal liquido, non si osserva nessun aumento della corrente anodica del FM;

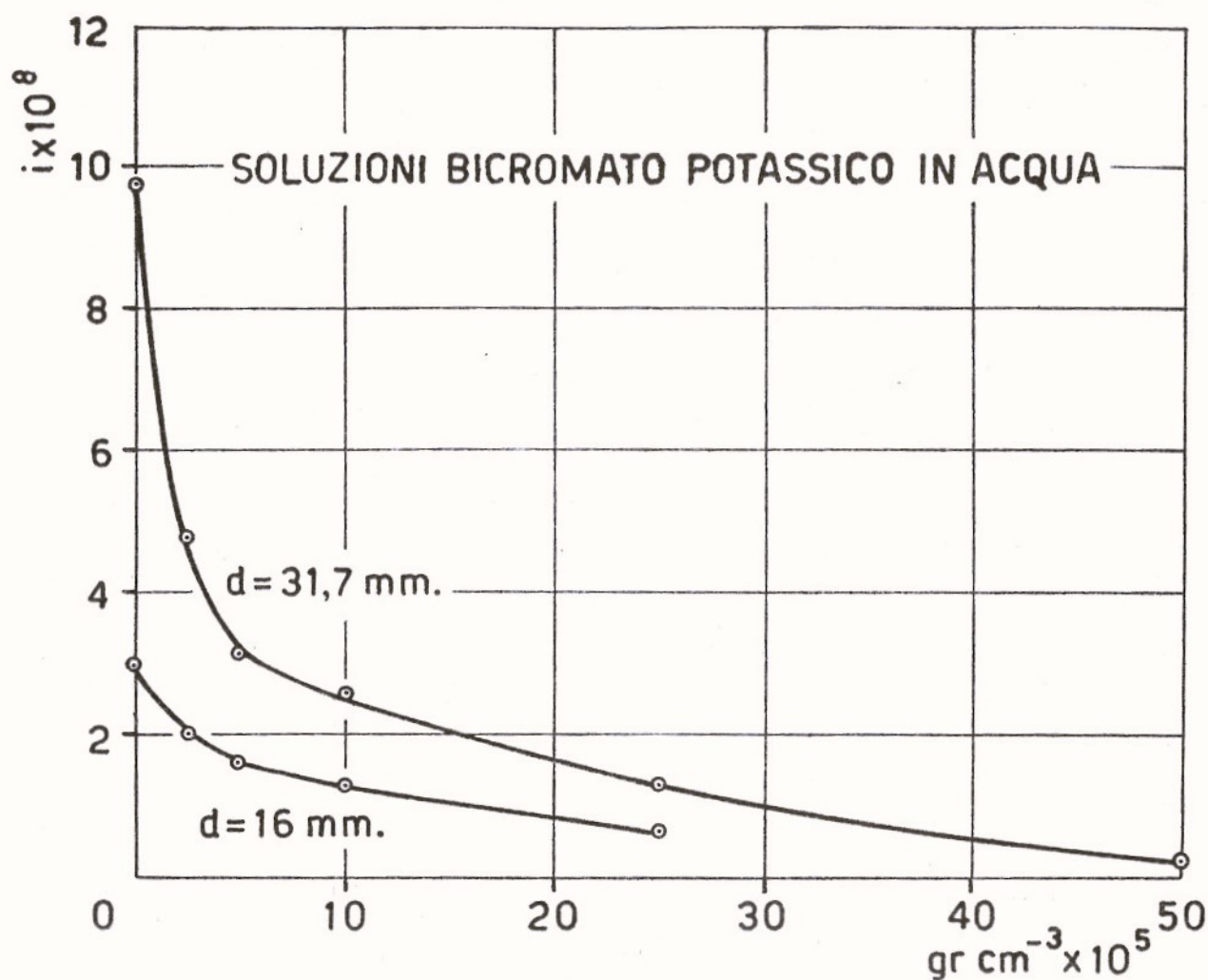


FIG. 3

3) sciogliendo in un liquido attivo una piccola quantità di bicromato potassico (che ha un'intensa banda di assorbimento ricoprente la zona di sensibilità del fotocatodo) l'attività si annulla completamente.

Quest'ultimo risultato, che dimostra nel modo più persuasivo che si tratta effettivamente di luce, è suscettibile in realtà di due interpretazioni diverse. Si può supporre che la sparizione dell'attività sia dovuta ad assorbimento da parte del bicromato potassico della luce emessa per fluorescenza dal liquido, oppure che la presenza del bicromato in soluzione determini una diminuzione effettiva della fluorescenza: per esem-

pio, la scissione di determinate associazioni molecolari responsabili dell'emissione della luce.

Per decidere tra le due alternative, sono state fatte le misure delle fig. 3 e 4 relative alle soluzioni di bicromato potassico in acqua. Nella fig. 3 è mostrato l'andamento dell'attività in funzione della concentrazione, per due diversi spessori della soluzione: come si vede, basta mezzo

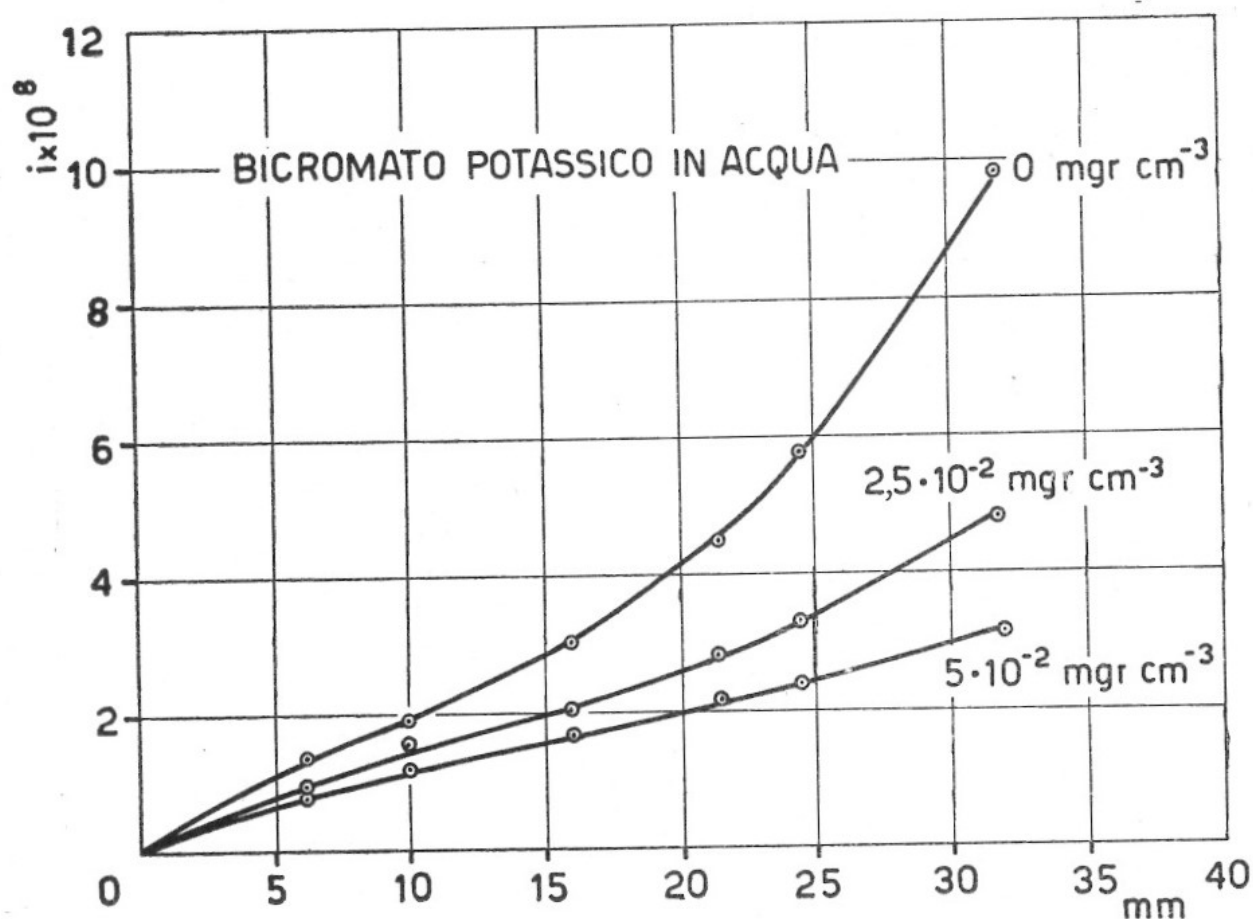


FIG. 4

milligrammo di bicromato per cm³ per rendere la soluzione completamente inattiva. La fig. 4 fa vedere l'andamento dell'attività in funzione dello spessore della soluzione, per tre diverse concentrazioni. Le misure sono state fatte ponendo la vaschetta col liquido a contatto con la finestra del FM (in condizioni quindi un po' diverse da quelle cui si riferisce la fig. 2). Se si trattasse esclusivamente di una diminuzione effettiva di fluorescenza, le ordinate delle tre curve dovrebbero evidentemente essere tra loro proporzionali. La minor crescita delle due curve inferiori in corrispondenza dei valori maggiori dello spessore indica che, com'era da attendersi, l'assorbimento dà certamente un contributo sensibile alla diminuzione dell'attività. Non si può tuttavia escludere che vi sia anche una effettiva diminuzione della fluorescenza: l'andamento delle curve della fig. 4 fin verso i 15 mm di spessore non è incompatibile con questa ipotesi.

Il potere fluorescente dei liquidi puri da noi esaminati è risultato in genere troppo basso per poter essere sfruttato con successo ai fini dei contatori a scintillazione. Abbiamo perciò rivolta la nostra attenzione alle soluzioni, trovando effettivamente in parecchi casi un forte innalzamento della fluorescenza dovuto alla presenza del soluto in opportuna concentrazione.

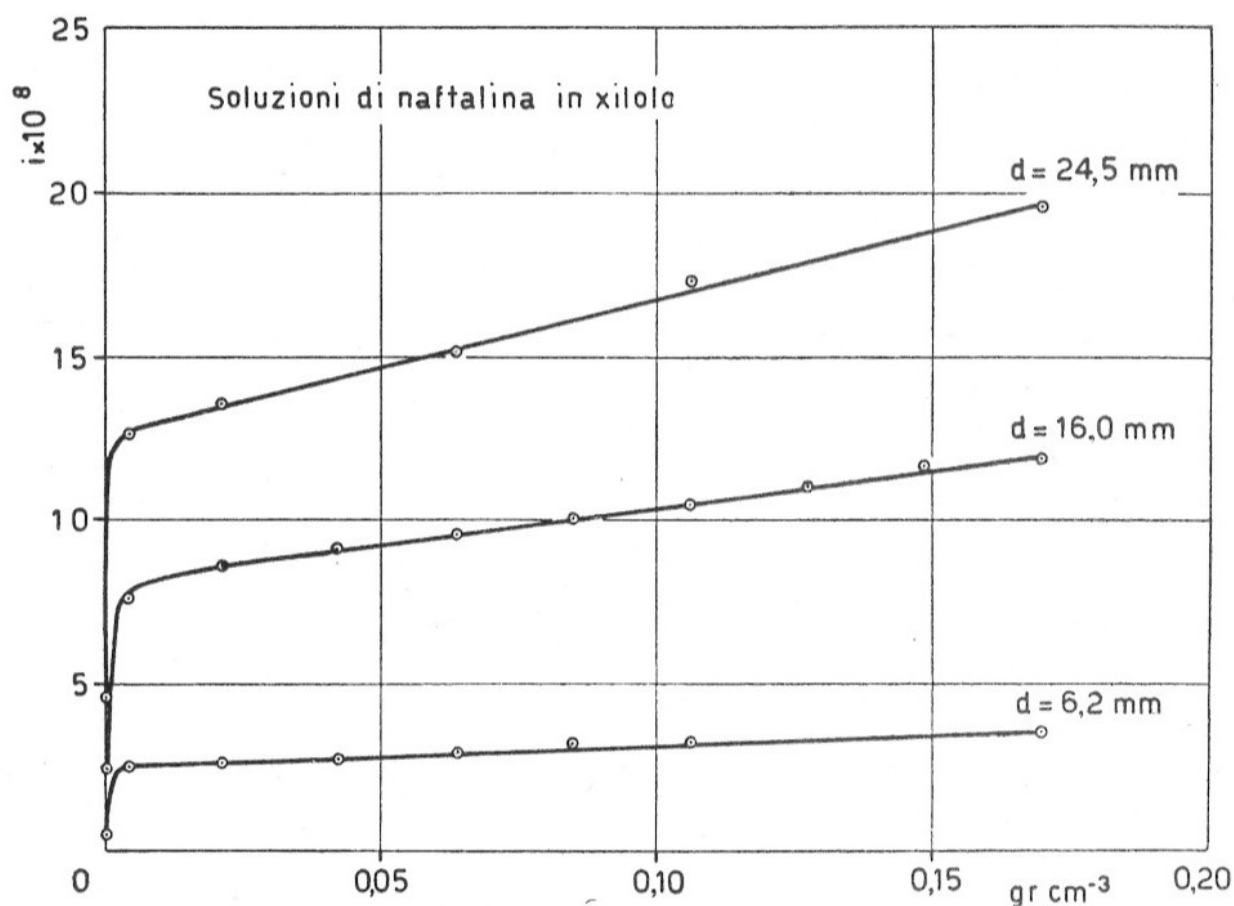


FIG. 5

Come esempio dei risultati ottenuti, riportiamo le misure relative a soluzioni di naftalina in xilolo, rappresentate nelle fig. 5 e 6. La fig. 5 fa vedere l'andamento dell'attività in funzione della concentrazione, per tre diversi spessori di soluzione; nella fig. 6 è rappresentato con maggior dettaglio l'andamento della salita iniziale della curva relativa a $d=16$ mm.

Come si vede, l'interesse di queste misure deriva non tanto dall'attività che si riesce a raggiungere (decisamente più elevata di quella dei solventi puri, ma inferiore a quella di altre soluzioni), quanto dal fatto che le soluzioni in questione evidentemente non soddisfano neppure qualitativamente la legge di Perrin, valida per le soluzioni fluorescenti all'ultravioletto. Per quanto infatti le misure siano state proseguite praticamente fino alla saturazione, non si è trovata traccia (dopo la salita

iniziale) di quella diminuzione esponenziale dell'attività che è prevista dalla legge suddetta. E' poi evidente che la saturazione che si raggiunge dopo la crescita iniziale non è dovuta ad assorbimento da parte della soluzione stessa, poichè l'attività di saturazione cresce al crescere dello spessore.

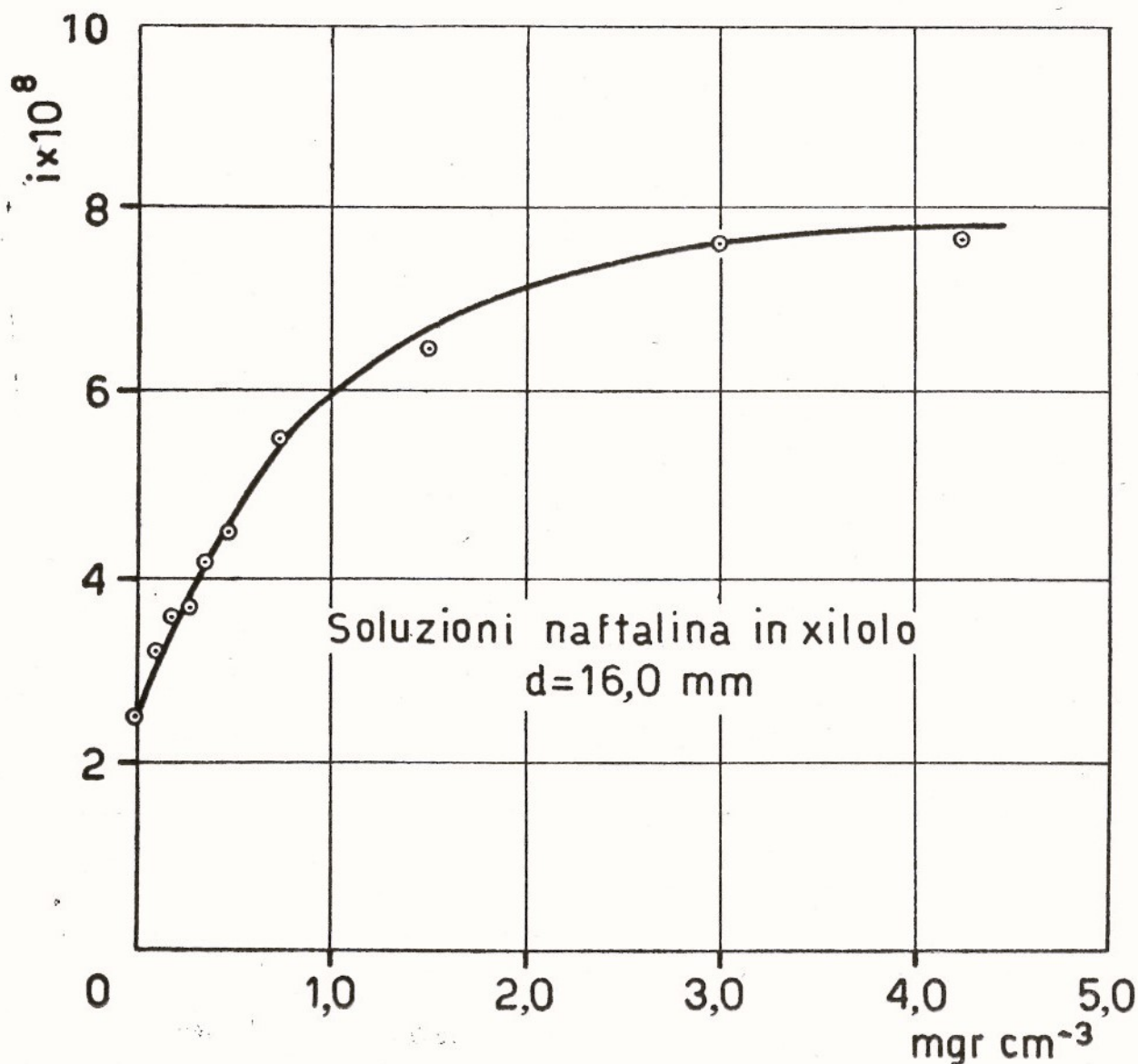


FIG. 6

L'andamento osservato potrebbe forse spiegarsi supponendo che in seno alla soluzione si formino dei centri fluorescenti più o meno stabili, costituiti da una molecola di naftalina che organizzi attorno a sè un certo numero piuttosto elevato di molecole del solvente. Il numero di questi centri (proporzionale all'attività) non potrebbe evidentemente crescere indefinitamente al crescere della concentrazione, per deficienza di molecole di xilolo, il che porterebbe appunto a una saturazione dell'attività. Si ricava dalla fig. 6 che la saturazione è praticamente raggiunta

quando la concentrazione è tale che si abbiano 3 molecole di naftalina ogni 1000 di xilolo.

Questo punto di vista è confortato dal fatto che la naftalina liquida ha solo una debole attività paragonabile a quella dei solventi puri e vi sono solventi (per esempio l'alcool etilico) in cui la naftalina non determina alcun aumento di attività.

Occorre naturalmente tener presente che la luce di fluorescenza è rivelabile col nostro dispositivo solo se di lunghezza d'onda compresa tra 3000 e 5000 Å.

Sono attualmente allo studio sistemi liquidi di potere fluorescente notevolmente superiore a quello dei liquidi citati nella presente nota.

E' infine nostro gradito dovere ringraziare molto vivamente il prof. G. C. Trabacchi per il continuo interessamento ed i molti consigli tecnici, nonchè per i mezzi messi con grande liberalità a nostra disposizione nel laboratorio da Lui diretto.

Roma. — Istituto Superiore di Sanità - Laboratorio di fisica. Maggio 1949.
