

## Extractes i Traduccions

### ESTUDI PEL METODE DE D'ABSORCIÓ DE LA RADIACIÓ DE RADI I DE LA SEVA RADIACIÓ SECUNDÀRIA

Mme. J. S. LATTES

*Annales de Physique*, 1926, pàg. 102, París

*L'article que traduïm a continuació l'oferim als nostres lectors amb el bon desig que contribueixi a fixar llurs idees en una branca tan important de la moderna físico-química, com és la radio-activitat.*

*Aquest treball, en allò que té d'especialització ha d'interessar fortament els metges, principalment els radiòlegs, per tal com constitueix un aprofundit estudi de les radiacions emeses pel radi, de les quals la  $\beta$  i la  $\gamma$  tan intenses i fructíferes aplicacions han trobat en ciència medical. I per als no metges, als quals interessa també l'estudi de la radioactivitat, el seguir les investigacions de Mme. LATTES els ajudarà a comprendre una de les parts més importants del mecanisme de la desintegració dels elements radioactius i el fort interès de les llurs aplicacions en radioteràpia.*

*Agraïm a Mme. LATTES l'autorització que ens ha donat per a la transcripció del seu article, al qual ha introduït algunes correccions que en l'original havien passat desapercebudes.*

SUMARI.—*Aquest treball conté l'exposició del mètode d'anàlisi per absorció de la radiació complexa  $\beta$  i  $\gamma$  del radi en grups principals, cada un dels quals pot ésser afectat, per a una substància donada, d'un coeficient d'absorció màssic:  $\frac{\mu}{\rho}$ , independent de la massa superficial de l'ecran travessat.*

*S'hi estudia la radiació  $\beta$  secundària excitada en els ecrans absorbents per la radiació  $\gamma$  primària; una fórmula establerta teòricament (la validesa de la qual s'ha demostrat enterament en diverses circumstàncies exposades) explica la producció d'aquesta radiació.*

*La radiació  $\beta$  secundària, tal com aquest mètode permet esperar, és constituïda per un fons continu, la qualitat del qual depèn solament de la longitud d'onda de la radiació  $\gamma$  excitadora i no de la substància generadora. Unicament la seva quantitat varia amb aquesta substància absorbent considerada.*

*Tots aquests grups principals de raigs  $\beta$  assolits per aquest anàlisi abeeixen en la llei lineal:  $\frac{\mu}{\rho} = a + bN$ , enunciada per M. Georges FOURNIER. Els coeficients de transformació i els rendiments que intervenen en el fenomen de la radiació  $\beta$  secundària són determinats numèricament.*

S'estudia tot seguit el fenomen de necrosi tissular i se'n determina la causa responsable. En fi, alguns casos particularment típics de filtració, tal com es presenten en la pràctica en les utilitzacions terapèutiques del radi, són tractats experimentalment i numèricament.

### Introducció

Aquest treball ha estat efectuat a l'Institut du Radium de París en 1924 i 1925. Té per punt de partida investigacions fetes en 1923 destinades a precisar les condicions de filtració de les radiacions utilitzades en terapèutica; se'n trobarà l'exposició en els capítols IX i X. S'ha continuat, tot seguit, independentment de les consideracions preliminars per l'estudi del repartiment de la radiació de radi en diversos grups, per l'examen de les lleis de formació de les radiacions secundàries en els filtres i per la comparació de les radiacions secundàries engendrades en sis substàncies diverses escollides. Pensem haver assolit resultats utilitzables tant des del punt de vista general com del de la curieteràpia.

### CAPITOL I

#### ANALISI DE LA RADIACIÓ DE RADI

##### 1. La radiació de radi.

El radi, descobert per Pierre i Marie CURIE en 1898, és un cos senzill químicament definit, que es situa, amb el número atòmic 88, en la tercera columna de la classificació periòdica de MENDELEJEFF, a sota del mercuri. Però pertany, demés, a la categoria prodigiosament interessant dels elements capaços de desintegrar-se espontàniament, de transformar-se els uns en els altres, amb emissió d'energia radiant. De tal manera que el radi, que és un descendent allunyat de l'urani, dóna naixença ell mateix a tota una sèrie de substàncies que emeten radiacions. Hom sap que aquestes radiacions són de tres tipus: els raigs  $\alpha$  (projecció de nuclis d'àtoms d'heli) anàlegs als raigs positius dels tubs de buit; els raigs  $\beta$  (projecció d'electrons) anàlegs als raigs catòdics; i els raigs electromagnètics  $\gamma$  anàlegs als raigs X. La taula següent comprèn tots els elements que constitueixen la descendència del radi, amb indicació dels tipus de radiacions que emeten i de llur període de semi-decreixença, és a dir el temps a la fi del qual el 50 % de llurs àtoms s'ha desintegrat:

Radi ... ..	$\alpha, \beta$	1600 anys
↓		
Emanació de radi (radon) ... ..	$\alpha$	3'85 dies
↓		
Radi A ... ..	$\alpha$	3 minuts
↓		
Radi B ... ..	$\beta, \gamma$	26'8 minuts
↓		

Radi C ... ..	$\beta, \gamma$	19'5 minuts
↓		
Radi C' ... ..	$\alpha$	10 segons (?)
↓		
Radi D ... ..	$\beta$	16'5 anys
↓		
Radi E ... ..	$\beta, \gamma$	4'85 dies
↓		
Radi F (polloni) ... ..	$\alpha$	139'5 dies
↓		
Plomb ... ..		
<hr/>		
→ Radi C'' ... ..	$\beta$	1'4 minuts

Com es veu, el període de decreixença del radi és molt més llarg que el dels seus elements de desintegració. Per consegüent, si es prepara el radi pur, hom es trobarà, abans de què s'hagi desintegrat totalment, en presència de tots els seus descendents. Al cap d'un cert temps, el radi pot ésser pràcticament considerat com una font de radiació semblant a ella mateixa, durant un període bastant llarg per permetre l'estudi de la seva radiació.

Però del fet de la presència de tots els productes de desintegració al costat del radi, aquesta radiació serà molt complexa. És cert que, en tot el que seguirà, no ens haurem d'ocupar de la radiació  $\alpha$ . Però queden, com ho mostra la taula precedent, 6 grups de raigs  $\beta$  i 3 grups de raigs  $\gamma$ , de procedències diferents. Afegim que, per a un mateix element radiactiu, no existeix un sol tipus de raigs  $\beta$  o  $\gamma$ , sinó una sèrie de raigs  $\beta$  caracteritzats per les velocitats diverses dels electrons, i tota una sèrie de raigs  $\gamma$  de longituds d'onda variades: tot això ens donarà una idea de la complexitat de la radiació emesa per una preparació de radi.

*En el present treball ens hem proposat l'anàlisi d'aquesta radiació.*

Nosaltres no ens havem pas proposat de posar en evidència, en tots els seus detalls, la distribució dels diversos grups de raigs emesos per cada constituent de la preparació de radi, però hem pogut descomposar la radiació en grups, que corresponen, *pràcticament*, molt bé al conjunt dels fenòmens. Aquesta descomposició presenta un gran interès des del punt de vista de la curieteràpia. Es sap, en efecte, que en terapèutica s'empren preparacions de radi o preparacions de radon que presenten unes característiques molt veïnes. És molt necessari de conèixer la composició de la radiació per la qual aquestes preparacions, closes en tubs o ampolles, actuen sobre l'organisme normal o patològic. Les condicions en les quals hem fet aquest estudi són molt veïnes a les de l'ús del radi en teràpia penetrant: eliminació total de la radiació  $\alpha$ ; emprament de filtres absorbents, que introdueixen, com ho veurem, la complicació de les radiacions secundàries.

2. Anàlisi d'una radiació complexa  $\beta$  i  $\gamma$ .

Per analitzar una radiació complexa que conté raigs  $\beta$  i raig  $\gamma$ , cal, en primer terme, separar aquests dos tipus de radiació. Hom es serveix, per a això, d'un camp magnètic que desvia els raigs  $\beta$  i no influeix pas sobre la propagació rectilínia dels raigs  $\gamma$ . El camp magnètic pot servir, ademés, quan s'opera en el buit, per a l'anàlisi de l'estructura fina d'un feix de raigs  $\beta$ , car aquests darrers són tant més desviats pel camp magnètic, com els electrons que els constitueixen són animats de velocitats més petites; l'absència de gasos evita la difusió i l'absorció, d'ací que es pugui obtenir sobre una placa fotogràfica convenientment situada, un veritable espectre de velocitats o espectre magnètic de raigs  $\beta$ .

En quant als raigs  $\gamma$  poden ésser estudiats, ja sigui per difracció sobre els cristalls, ja, d'una manera molt interessant, mitjançant els raigs  $\beta$  secundaris que produeixen en xocar contra una substància determinada <sup>1</sup>.

Nosaltres hem emprat un mètode d'anàlisi per absorció, que tant serveix per als raigs  $\beta$  com per als raigs  $\gamma$ .

L'absorció dels raigs  $\beta$  és un fenomen del qual ignorem encara el mecanisme íntim. És probable que no se'ns presenti d'una manera senzilla perquè l'observem sota una forma estadística. Sigui el què sigui, certs grups de raigs  $\beta$  es comporten d'una manera particularment simple: és possible que una estructura de banda sigui necessària perquè així sigui.

Si  $I_0$  és la intensitat inicial d'un d'aquests grups de raigs  $\beta$ , la seva intensitat  $I$  després de travessar un ecran absorbent de superfície  $s$  i de massa  $m$  és donada per

$$I = I_0 e_m - \frac{\mu}{\rho} \frac{m}{s}$$

en la qual  $\frac{\mu}{\rho}$  és un coeficient constant que depèn de la qualitat dels raigs  $\beta$  i de l'absorbent.

És també una llei exponencial la que regeix l'absorció dels raigs  $\gamma$  per la matèria. Del punt de vista de l'absorció, hom no pot distingir els raigs  $\beta$  dels raigs  $\gamma$ ; únicament el camp magnètic ens permet de separar-los.

Així, per a certs conjunts de raigs  $\beta$  que designarem sota el nom de *grup principal*, la intensitat seguirà una llei exponencial en funció de la massa superficial de l'absorbent i nosaltres podem escriure:

$$\log I = \log I_0 - \frac{\mu}{\rho} \frac{m}{s} \log e_m$$

en la qual essent constants  $\log I_0$ ,  $\frac{\mu}{\rho}$  i  $\log e_m$ , la corba representativa de  $\log$

$I$  en funció de  $\frac{m}{s}$  serà una dreta. El mateix passarà amb un grup principal de raigs  $\gamma$ .

<sup>1</sup> J. THIBAUT, Tesi de Doctorat, París, 1925.

Un grup principal de raigs serà, doncs, caracteritzat pel fet que hom podrà atribuir-li un coeficient màssic d'absorció  $\frac{\mu}{\rho}$  la valor del qual serà independent de la massa superficial de l'absorbent travessat.

En general, hom es troba en presència d'una superposició de grups de poder penetrant variat, i solament en el cas de grans filtracions, capaces d'eliminar els grups absorbents, el grup penetrant, apareixent sol, dóna una forma rectilínea a la corba d'absorció:

$$\log I = f\left(\frac{m}{s}\right)$$

La corba d'absorció d'una radiació heterogènia té, al principi, una concavitat dirigida vers els  $\log I$  creixents, i s'acaba amb una part rectilínea. Més endavant, estudiarem la descomposició d'aquesta corba.

Cal remarcar que aquestes corbes indiquen solament l'existència de grups de raigs dels més importants i dels més intensos; però no poden donar compte de la procedència d'aquests grups ni informar sobre llur estructura fina.

Per arribar al coneixement de les grandàries físiques  $\frac{\mu}{\rho}$  i  $I_0$  que caracteritzen un grup de raigs, recorrem a mesures d'intensitats del corrent de ionització. Aquest corrent és proporcional al nombre de ions produïts per unitat de temps a l'interior de l'aparell detector de radiació. Però aquest aparell detector, anomenat cambra de ionització, no ofereix la mateixa sensibilitat per a les diverses radiacions que poden mesurar-s'hi. Els raigs molt penetrants travessen de part a part una cambra d'alguns decímetres de longitud i sols produeixen a l'interior d'aquesta una fracció, difícil de determinar, de la ionització total que produïrien si llur absorció fos completa. Al contrari, els raigs poc penetrants podran ésser enterament o en gran part absorbits. La fracció de llur energia que abandonen a l'interior de la cambra serà tant més gran com els raigs seran més absorbibles.

Però si aquesta *parcialitat* de la cambra de ionització no afecta la determinació dels coeficients  $\frac{\mu}{\rho}$ , dóna, al contrari, un caràcter tot relatiu a la determinació de les intensitats respectives dels diferents grups de raigs.

Vegem, encara, una altra complicació del mètode d'anàlisi de les radiacions per absorció.

### 3. Complicació aportada per la producció de radiacions secundàries en els ecrans.

Adhuc si ens trobem davant d'un sol grup principal, el fenomen d'absorció no fóra tan senzill com l'hem assenyalat més amunt. En efecte, l'energia de la radiació és parcialment absorbida en l'ecran. Una part d'aquesta energia absorbida és transformada en radiacions noves amb característiques del tot diferents a les de la radiació incident; aquestes radiacions són capaces d'atènyer l'aparell detector de radiació, afegixen llurs

efectes als de la part no absorbida de la radiació incident i dificulten, per aquest costat, el resultat de les mesures.

Es designa, generalment, sota el nom de *radiació primària* ( $\beta_p, \gamma_p$ ) la radiació provinent directament de la font, i de *radiació secundària* ( $\beta_s, \gamma_s$ ) la que es forma en els ecrans. Heus ací els principals tipus de radiacions secundàries: I) la radiació  $\gamma$  secundària,  $\gamma_s$ , produïda pels raigs  $\beta$  primaris,  $\beta_p$ ; II) la radiació  $\beta$  secundària,  $\beta_s$ , produïda pels raigs  $\gamma$  primaris,  $\gamma_p$ . Nosaltres considerem solament aquestes dues categories de radiacions secundàries. Encara caldria tenir en compte els raigs  $\gamma$  secundaris procedents dels raigs  $\gamma$  primaris, ja sigui per fluorescència, ja per l'efecte COMPTON. Nosaltres no podem pas separar aquesta radiació  $\gamma$  secundària de la radiació  $\gamma$  primària; d'ací que comprendrem sota el terme de radiació primària  $\gamma_p$ , no solament la veritable radiació  $\gamma_p$ , eixida de l'ampolla, sinó també la radiació  $\gamma_s$ , de  $\gamma_p$ .

Els raigs secundaris es produeixen d'una manera general cada vegada que una radiació primària troba una substància qualsevol. Molts autors han considerat que àdhuc certes radiacions primàries podien haver-se produït per un mecanisme anàleg en el sinus mateix de la substància radioactiva. Nosaltres englobarem sota el nom de raigs primaris tots els que emergeixen de la font o del seu embolcall exterior, sense preocupar-nos de llur mode de formació. Altres autors <sup>2</sup> han posat en evidència la producció de radiacions terciàries a partir de les radiacions secundàries; però en el present treball no ens en ocuparem, per seqüència de llur feble importància quantitativa en la ionització total.

Les radiacions secundàries no tenen solament una importància teòrica. Es produeixen inevitablement en els embolcalls que volten les fonts emprades en terapèutica, i també en el sinus dels teixits del malalt i caldrà tenir en compte llurs efectes tal com es veurà en els cap. IX i X.

Tractem de definir d'una manera teòrica la formació d'una radiació secundària: Sigui un ecran d'espessor  $z$  absorbent, amb un coeficient de determinat  $\mu$ ; un grup definit de raigs. Considerem en aquest ecran, a la profunditat  $x$ , una ranura elemental d'espessor  $dx$ . La pèrdua d'intensitat de la radiació primària en aquesta ranura és:

$$dI = -\mu I_0 e^{-\mu x} dx$$

Suposem que la quantitat elemental  $dj$  de la radiació secundària que pren naixença en la ranura  $dx$  és proporcional a la pèrdua d'energia  $dI$  de la radiació primària en aquesta ranura; nosaltres escriurem:

$$dj = -k dI = k \mu I_0 e^{-\mu x} dx$$

Però aquesta quantitat elemental de radiació secundària, per a sortir de l'ecran, ha de travessar encara l'espessor  $z-x$ , amb el coeficient  $\mu$  que li

<sup>2</sup> P. AUGER, C. R. 1923 a 1925.

és propi. Tindrem, doncs, a la sortida de l'ecran la quantitat elemental de radiació secundària:

$$dY = e_m^{-\mu(x-z)} dj = k \mu I_0 e_m^{-\mu'z} e_m^{-(\mu-\mu')x} dx$$

Integrem de 0 a  $z$ :

$$Y = k \mu I_0 e_m^{-\mu z} \int_0^z e_m^{-(\mu-\mu')x} dx = \frac{k \mu I_0}{\mu - \mu'} \left( e_m^{-\mu z} - e^{-\mu'z} \right)$$

Introduïm, ara, la massa superficial  $\frac{m}{s}$  i el coeficient màssic d'absorció  $\frac{\mu}{\rho}$ . Tindrem:

$$Y = \frac{k \mu I_0}{\mu_1 - \mu} \left( e_m^{-\frac{\mu}{\rho} \frac{m}{s}} - e_m^{-\frac{\mu'}{\rho} \frac{m}{s}} \right)$$

expressió general de la intensitat de la radiació secundària.

Nosaltres veurem més lluny com certs resultats experimentals justifiquen aquest raonament teòric, i quina significació cal atribuir al coeficient  $k$  que figura en l'expressió anterior.

## CAPITOL II

### DISPOSITIU EXPERIMENTAL

El dispositiu experimental utilitzat en el present treball comprèn principalment:

a) Una font de radiació canalitzada; b) Una cambra de ionització o detector de radiació; c) Un electroïmant que permeti de rebre a l'interior d'aquesta cambra, adés la radiació  $\beta$  i  $\gamma$  juntes, adés la radiació  $\gamma$  sola; d) Un electroscopi de mesures, protegit de l'acció directa de la font.

A continuació descriurem successivament: 1, la font de radiació; 2, la canalització; 3, la cambra de ionització; 4, l'aparell de mesures; 5, l'electroïmant i el control del camp magnètic; 6, la protecció.

#### 1. La font de radiació.

Hem utilitzat com a substància radiant el radi acompanyat dels seus productes de desintegració. La indicació del contingut de les deus emprades, serà feta com de costum per la quantitat de mil·ligrams de radi-element que contenen. Hem hagut de treballar amb fonts de tipus divers: una de feble, constituïda per clorur de radi, i una més important formada pel bromur. No hem pogut constatar diferència apreciable en les dues radiacions, les quals haurien de diferir per la radiació secundària nascuda a l'interior de la mateixa sal. Si aquesta radiació no fos tan feble, s'hauria distingit l'efecte del nivell K del clor del del brom.

La primera font emprada era constituïda per una ampolla de vidre, amb parets de 0,4 mm aproximadament, preparada en 1907 i que contenia 62'65 mg de radi element. Aquesta ampolla era submergida en parafina i la sal s'hi trobava en la forma que assenyala la fig. 1. Aquesta font ha estat suficient per a l'estudi de l'absorció de la radiació de radi fins a la filtració produïda per ecrans de 8 gr per cmq de pes. Més enllà d'aquesta massa superficial ha calgut emprar una font més intensa.

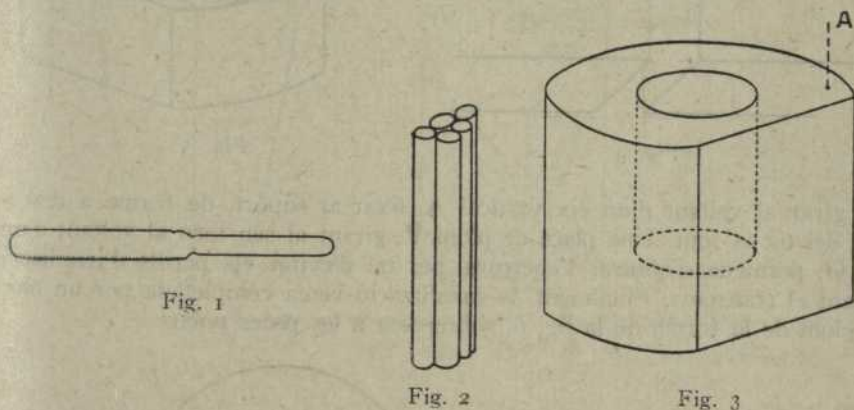


Fig. 1

Fig. 2

Fig. 3

La segona font utilitzada, molt més important<sup>3</sup>, era constituïda per cinc ampolles de vidre prim (0'27 mm), cada una de les quals contenia 100 mg de radi element, tancades cada una en un tub d'alumini de 0,2 mm de paret. Aquestes cinc ampolles eren reunides com ho demostra la fig. 2 i submergides en un bany de parafina, per tal d'assegurar la fixesa de la font en el seu suport. Hom podria objectar que el fons dels tubs d'alumini introdueix una filtració paràsita; però aquesta filtració és negligible, per tal com la font és destinada a estudiar l'absorció en ecrans de 6 a 16 gr per cmq, el què correspon a gruixos de 23 a 61 mm d'alumini. El suport d'aquesta font forta era format (fig. 3) per un cilindre de plom de 10 cm de diàmetre i 7 cm d'alçada, en el qual, a 35 mm de l'eix, s'havia tallat un pla, per tal de facilitar la fixació de la bona situació de la font en l'aparell. Una cavitat cilíndrica de 4 cm de diàmetre i 5 cm d'alçada rebia la font. Una tapadora de plom, amb obertura i finestró, completava l'aparell.

## 2. La canalització.

La canalització de la radiació entre la font i la cambra de ionització era, en part, assegurada per les peces polars de l'electroimant, que formava entre elles una canal tal com ho mostra la fig. 4. Cal remarcar ací que aquesta canal tenia un pla axial comú amb la font.

En el cas de la font de 0,5 gr, el fet de situar les ampolles verticalment en la cavitat cilíndrica del suport, ja proporcionava una primera canalització. En segon lloc, aquest suport era recobert per una tapadora de plom de

<sup>3</sup> La quantitat important de radi que ha servit per a aquestes investigacions és la que ha estat oferta a Mme. CURIE per les Dones nordamericanes.



3 cm de gruix, en la qual s'havia practicat una obertura rectangular de  $15 \times 43$  mm, coaxial amb la cavitat del suport (fig. 5). Aquesta coberta po-

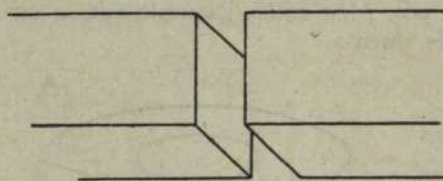


Fig. 4

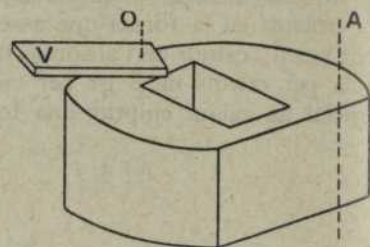


Fig. 5

dia girar al voltant d'un eix vertical A, fixat al suport, de forma a descobrir del tot la font. Una placa de plom V, girant al seu torn al voltant d'un eix O, permetia d'obturar l'obertura, per tal d'evitar els perills d'irradiació durant el transport. Finalment, la canalització venia completada per un bloc de plom de la forma de la fig. 6, sobreposat a les peces polars.

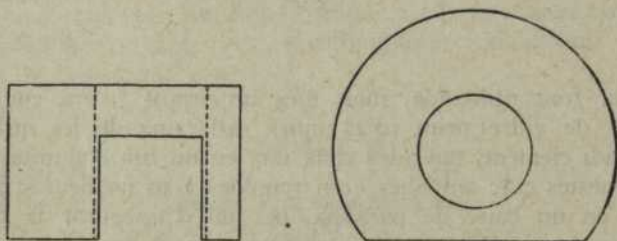


Fig. 6

Més endavant veurem que la mateixa forma de la cambra de ionització contribueix, també, a delimitar el feix de radiació que s'hi deixa entrar.

### 3. La cambra de ionització.

L'aparell detector de radiació és una cambra de ionització troncoònica d'un model especial (fig. 7), inspirat en l'emprat per G. FAILLA<sup>4</sup>. Les parets, de plom tenen un gruix de 5 mm i deturen, per tant, la radiació paràsita que podria entrar en el seu interior per altre conducte que no sigui l'obertura inferior. Aquesta obertura té un diàmetre de 40 mm i és recoberta per una fulla de cel·lofan de 0,1 mm de gruix.

La base gran del tronc de con és travessada per un elèctrode central de llautó isolat amb ambre i connectat a l'aparell de mesures. Les parets de la cambra comuniquen amb terra.

Aquesta forma de cambra ha estat escollida per tal com admet els raigs solament sota un petit angle sòlid, eliminant d'aquesta manera els raigs massa oblics el trajecte dels quals en una cambra cilíndrica fóra massa curt i introduiria, per tant, una causa d'error.

<sup>4</sup> *American Journal of Röntgenology*, maig 1920.

Cal remarcar que la forma i les dimensions de la cambra de ionització tenen molta importància en aquest treball, per tal com molts resultats no són absoluts, sinó relatius a la cambra de ionització utilitzada.

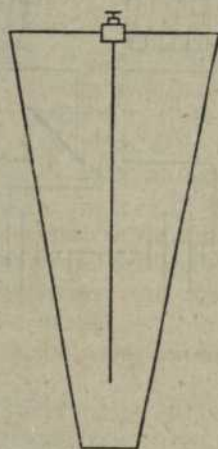


Fig. 7

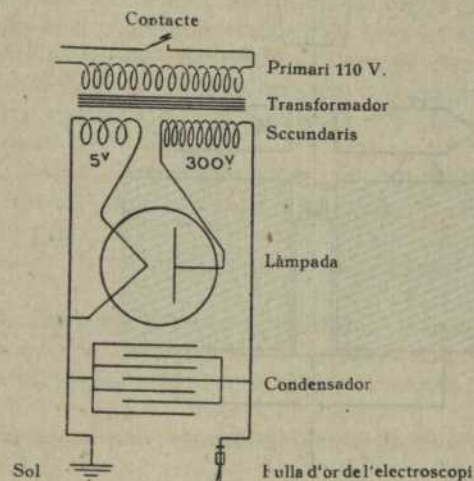


Fig. 8

#### 4. L'aparell de mesures.

Com a aparell de mesures hem emprat un electroscopi amb fulla d'or. La caixa de l'electroscopi era unida a terra, mentre que l'elèctrode isolat que portava la fulla era connectat, tal com hem dit, amb l'elèctrode central de la cambra de ionització. La càrrega d'aquest electroscopi era obtinguda per un dispositiu particular indicat en l'esquema de la fig. 8: el primari d'un transformador *Ferrix* és alimentat per corrent altern de 110 v, 42 p. Hi han dos enrotllaments secundaris. L'un forneix corrent altern a 5 v que serveix per escalfar el filament d'una làmpada de 3 elèctrodes utilitzada com a díode redreçador del corrent alternatiu a 300 v fornit pel segon enrotllament. Aquest corrent redreçat és utilitzat per a la càrrega d'una bateria de petits condensadors de 8 mfd que serveixen com a font de corrent continu per a la càrrega de la fulla d'or de l'electroscopi. Un interruptor comanda el funcionament del transformador.

#### 5. L'electroimant i el control del camp magnètic.

Cal fer actuar sobre el trajecte del feix de radiació un camp magnètic suficient per eliminar a voluntat la radiació corpuscular  $\beta$ . Aquest camp magnètic era produït per un electroimant bastant potent, situat horitzontalment, en el cas de la font de 0,5 gr i verticalment en el cas de la font feble, tal com ho mostra la fig. 9.

Donat el pes d'aquest electroimant, no és còmode allunyar-lo cada vegada que cal operar sense camp magnètic (per altra banda hem vist el pa-

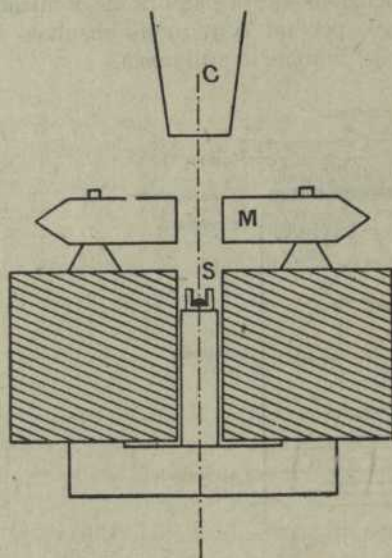


Fig. 9

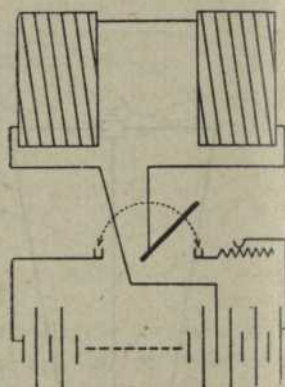


Fig. 10

per canalitzador jugat per les peces polars). Això ens portà a establir un dispositiu per anullar rigorosament el camp magnètic remanent. Aquest dispositiu consisteix a enviar a l'enrotllament un feble corrent en sentit invers del produït pel camp fort, amb l'ajuda d'un commutador muntat tal com indica la fig. 10. Un reostat permet regular aquest corrent antagònic per tal d'anullar rigorosament el camp. El camp fort destinat a desviar els raigs  $\beta$  és mesurat amb ajuda d'un flúxmetre de GRASSOT. El càlcul de la desviació, fet per la fórmula:

$$H\rho = \frac{m_0 c}{e} \frac{\beta}{\sqrt{1-\beta^2}}$$

aplicada als raigs  $\beta$  de radi  $i$  a la forma geomètrica de l'aparell, demostra que es necessita un camp de 1400 gauss, aproximadament, per a l'eliminació completa dels raigs  $\beta$ . Per a més seguretat s'ha utilitzat un camp de 2000 gauss, per tal d'estar a cobert de disminucions eventuais dels corrents d'alimentació de l'electroimant.

Atès que el flúxmetre no és prou sensible per judicar de l'anulació completa del camp, hem utilitzat amb aquesta finalitat una bobina de 2000 voltes, aproximadament, de fil fi, connectada a un galvanòmetre de quadro mòbil emprat com a balístic (per additament de masses suplementàries sobre el seu equipatge mòbil) i shuntat per una caixa de resistència variable. Aquest dispositiu s'ha demostrat sensible a la component horitzontal del camp magnètic terrestre i és, per tant, ben suficient per judicar l'anulació del camp magnètic amb aproximació d'un gauss.

## 6. La protecció.

Donada la intensitat considerable de la font utilitzada en segon lloc, el problema de la protecció ha pres una plaça important en el present treball; ha calgut, en efecte, protegir de la radiació, no solament l'aparell de mesures, sinó també els aparells de mesures veïns existents en la mateixa sala del laboratori, i, en fi, el mateix operador, a qui la necessitat de les mesures retenia llargues hores al costat de l'aparell.

Hem vist ja abans que el mateix suport de la font ja constituïa una protecció important. Ademés, durant tota la durada del treball, un mur de rajoles de plom de 5 cm de gruix, doblat amb un altre mur de rajoles ordinàries de 15 a 20 cm, obstruïa la font en l'angle sòlid necessari per a la protecció.

Com a criteri de l'eficàcia d'aquesta protecció, nosaltres indiquem el moviment propi de l'aparell de mesura, desconnectat de la cambra de ionització i mesurant, per consegüent, la radiació que li arriba a través de la protecció:

Moviment propi en absència de la font: divisions micromètriques en 4 minuts.

Moviment propi en presència de la font, aparell desconnectat: 2 divisions micromètriques de 140 segons.

Mesura de la radiació  $\gamma$  total: 20 divisions micromètriques en 24 segons.

*Remarques diverses.*—Una sèrie de determinacions ha estat feta amb una font equivalent a un gram de radi element. Però les mesures corresponents, per raó mateixa de la gran intensitat de la font, no eren prou precises i ha calgut abandonar-les.

Com és costum, el fil de connexió, que relliga la cambra de connexió amb l'electroscopi, és situat sobre l'eix d'un tub ple de parafina. A les dues extremitats el fil travessa taps d'ambre. L'embolcall metàl·lic, connectat amb terra, constitueix una protecció electrostàtica del fil de connexió. Endemés, les parts no protegides del sistema isolat (bornes i fils intermitjos) han estat recobertes amb cobertes de plom, igualment al sòl.

La fig. 11 indica esquemàticament el conjunt del dispositiu experimental.

## CAPITOL III

## ELS ECRANS ABSORBENTS I LA TECNICA DEL METODE D'ABSORCIÓ

Hem estudiat l'absorció de la radiació de radi en sis cossos simples de números atòmics bastant diferents, per tal de donar-nos compte de la influència de la naturalesa de l'absorbent, que és molt complexa. Hem escollit l'alumini, el plati i el plom per raó de llur ús constant en les aplicacions terapèutiques, com agents de filtració; el carboni, per la seva qualitat d'agent constituent fonamental de les substàncies orgàniques; i, finalment, la plata i l'or per establir una certa continuïtat en la gradació dels números absorbents. Recordem, somerament, les característiques fonamentals d'aquests diversos cossos simples:

	Simbol	Número atòmic N	Pes atòmic p	Massa específica A
Carboni	C	6	12	2
Alumini	Al	13	27	2,6
Plata	Ag	47	108	10,5
Platí	Pt	78	195	21,4
Or	Au	79	197	19,2
Plom	Pb	82	207	11,4

Hem utilitzat els metalls a un grau de puresa habitual, ja suficient. El carboni ha estat emprat a l'estat de carbó de retortes<sup>5</sup>.

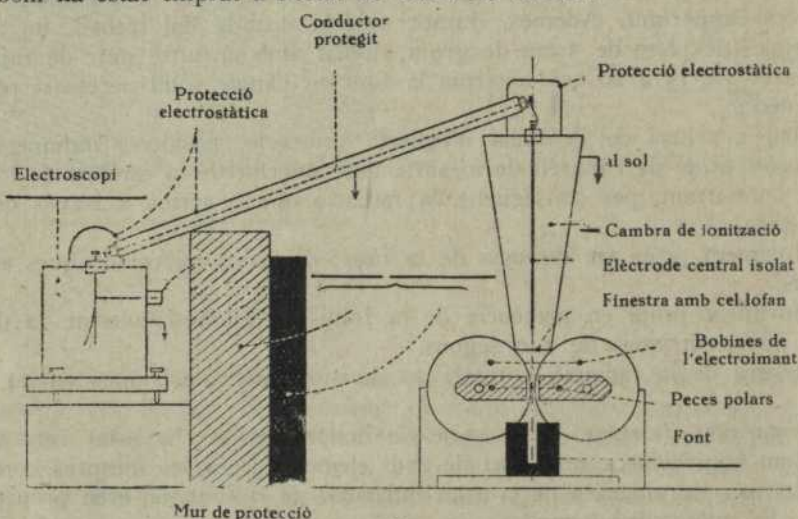


Fig. 11

L'efecte d'un ecran situat sobre el trajecte del feix de la radiació, entre la font i la cambra de ionització, és sempre molt complex:

- I) *Afebleix* la radiació primària que ve de la font;
- II) *Engendra* la radiació secundària
- III) *Afebleix*, a l'ensem, aquesta radiació secundària;
- IV) Pot, en certs casos, *deturar* la part absorbible  $\beta$  de la radiació primària.

Fent variar la posició de l'absorbent, amb relació a la font, a la regió on actua el camp i a la cambra de ionització, es pot, successivament, fer preponderar els diferents efectes de l'ecran i evidenciar-los, d'aquesta guisa, per separat. Enumerarem, primer, aquestes diferents posicions, combinades amb la presència o l'absència del camp magnètic. Veurem, tot seguit, com són utilitzades per a l'anàlisi de la radiació total.

#### 1. Diverses posicions dels ecrans.

Atribuïrem a aquestes posicions lletres que ens serviran per designar-les durant tot el curs del treball:

<sup>5</sup> Hem d'agrair als Establiments *Captain Saint-André* i el *Comptoir Lyon-Alemand* per llurs préstecs importants d'or i de platí. També a la Societat "Le Carbone", que ens ha donat làmines tallades de carbó de retortes.

*Posició A* (fig. 13).—El camp magnètic és nul. Els ecrans són situats directament sobre la font. Es fa variar llur massa superficial.

*Posició B* (fig. 14).—Idèntica disposició dels ecrans; però amb un camp de 2000 gauss.

*Posició C* (fig. 17).—Els ecrans són situats directament sota la cambra de ionització. Hom fa variar llur massa superficial.

*Posició D* (fig. 18).—Mateixa disposició dels ecrans; però amb un camp de 2000 gauss.

*Posició E* (fig. 15).—Els ecrans són de dues menes: un ecran radiador de massa superficial fixa, situat directament sota la font, i ecrans analitzadors, la massa superficial dels quals es fa variar, que són situats directament sota la cambra de ionització.

*Posició F* (fig. 16).—Mateixa disposició dels ecrans, però s'ha establert el camp magnètic de 2000 gauss. Cal remarcar que l'ecran radiador es troba entre la font i la regió on actua el camp, mentre que els ecrans analitzadors es troben entre aquesta regió i la cambra de ionització.

*Posició G* (fig. 12).—Els ecrans són situats exactament a la meitat de l'alçada entre les peces polars de l'electroimant, de forma que el camp intens que s'estableix (2400 gauss) pugui actuar tan bé entre la font i els ecrans com entre els ecrans i la cambra de ionització.

## 2. Obteniment de la corba d'absorció de la radiació $\gamma$ primària isolada.

Per obtenir la corba d'absorció de la radiació  $\gamma$  primària isolada, es recorre a la posició G esmentada:

La font emet un feix  $\beta$  i un feix  $\gamma$  primaris. Però el feix  $\beta$  és desviat en la regió del camp magnètic que actua entre la font i els ecrans i única-

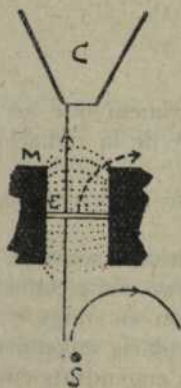


Fig. 12  
Posició G



Fig. 13

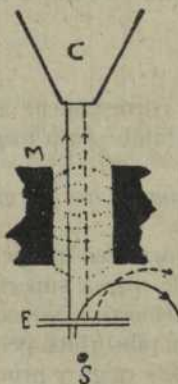


Fig. 14

ment el feix  $\gamma$  pot arribar a aquests darrers. A la sortida dels ecrans trobarem, doncs: d'una part, la resta dels raigs  $\gamma$  primaris, una fracció dels quals ha estat absorbida pels ecrans; d'altra part, els raigs  $\beta$  secundaris, que s'han produït en els ecrans. Però aquests raigs  $\beta$  secundaris seran desviats per la porció del camp magnètic que actua entre els ecrans i la cam-

bra de ionització. És, doncs, solament la resta dels raigs  $\gamma$  primaris la que entra en la cambra de ionització. Les diverses mesures que es podran efectuar fent variar la massa superficial dels ecrans, donaran els elements necessaris per traçar la corba d'absorció de la radiació  $\gamma$  primària, com ens proposàvem.

La fig. 12 mostra a l'ensems que la posició dels ecrans, la manera com són desviades les radiacions.

### 3. *Obteniment de la intensitat de la radiació $\beta$ total.*

En les posicions A i B els ecrans són situats directament sobre la font. A la sortida dels ecrans el feix comprendrà, doncs: les radiacions  $\gamma$  i  $\beta$  primàries, parcialment absorbides; i els raigs  $\gamma$  i  $\beta$  secundaris que s'han format en els ecrans.

Si no es fa actuar el camp magnètic (posició A), el conjunt d'aquestes radiacions serà rebut en la cambra de ionització (fig. 13). La intensitat mesurada s'escriurà, doncs, amb les notacions:

$$I_A = \nu_p + \nu_s + \ell_p + \ell_s$$

Si s'estableix ara el camp magnètic (posició B), els raigs  $\beta$ , tant primaris com secundaris, són desviats i ja no entren en la cambra de ionització (fig. 14). La intensitat mesurada serà aquesta vegada:

$$I_B = \nu_p + \nu_s$$

Ara, si per a cada valor de la massa superficial dels ecrans, es resta la intensitat mesurada amb camp magnètic, de la intensitat mesurada sense aquest camp, s'obtindrà la intensitat.

$$I_A - I_B = \ell_p + \ell_s$$

que és la corresponent a la radiació  $\beta$  total. Remarquem que les mesures efectuades amb camp magnètic donen la intensitat  $I_B$  de la radiació  $\gamma$  total.

### 4. *Obteniment de la corba d'absorció de la radiació $\beta$ secundària.*

Es recorre, en primer terme, a la posició E, situant sobre la font un radiador de massa superficial bastant gran per deturar completament la radiació  $\beta$  primària. No actuant el camp magnètic, són els raigs  $\gamma$  primaris parcialment absorbits pel radiador, els raigs  $\beta$  secundaris engendrats en el radiador pels raigs  $\gamma$  primaris i els raigs  $\gamma$  secundaris engendrats en el radiador pels raigs  $\beta$  primaris, els que arriben als ecrans analitzadors situats sota la cambra de ionització. En aquests ecrans analitzadors, els raigs  $\gamma$  primaris engendren una segona vegada els raigs  $\beta$  secundaris, que designarem aquesta vegada per un lletra accentuada. Rebrem, doncs, en la cambra de ionització (fig. 15):

La radiació  $\gamma$  primària,  $\gamma_p$ , parcialment absorbida pel radiador i per l'analitzador;

Les radiacions  $\beta$  i  $\gamma$  secundàries,  $\beta_s$  i  $\gamma_s$ , engendrades en el radiador i absorbides en l'analitzador;

La radiació  $\beta$  secundària,  $\beta'_s$ , engendrada en l'analitzador per la radiació  $\gamma$  primària, i escriurem:

$$I_E = \nu_p + \beta_s + \nu_s + \beta'_s$$

Si establim ara el camp magnètic entre el radiador i l'analitzador, evitarem que els raigs  $\beta$  secundaris engendrats en el radiador, arribin a l'analitzador i a la cambra de ionització. En quant als raigs  $\beta$  secundaris engendrats en l'analitzador, entraran a la cambra de ionització que es troba justament sobre (fig. 16). La intensitat serà aquesta vegada:

$$I_F = \nu_p + \nu_s + \beta'_s$$

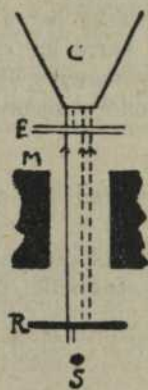


Fig. 15  
Posició E

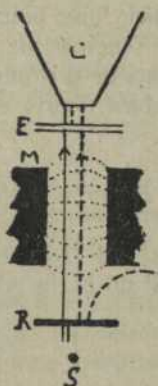


Fig. 16  
Posició F

Ara bé, si per a cada valor de la massa superficial de l'analitzador, restant fixa la del radiador, es resta la intensitat mesurada amb camp magnètic de la intensitat mesurada sense aquest camp, hom obté la intensitat:

$$I_E - I_F = \beta_s$$

la variació de la qual amb la massa superficial de l'analitzador dóna la corba d'absorció de la radiació  $\beta$  secundària isolada.

Cal remarcar que, en això que precedeix, negligim l'existència possible de radiacions terciàries, la importància quantitativa de les quals és certament molt petita.

##### 5. Obteniment de la intensitat de la radiació $\gamma$ secundària.

Hem trobat abans la intensitat de la radiació  $\gamma$  total:

$$I_B = \nu_p + \nu_s$$

Per altra part, la posició G ens dóna directament la intensitat de la ra-



diació  $\gamma$  primària isolada:  $I_o = \gamma_p$ . Operant per sustracció com en els casos precedents, obtindrem la intensitat de la radiació  $\gamma$  isolada:

$$I_n - I_o = \nu_s$$

Però, de fet, aquesta intensitat és negligible, per tal com les corbes representatives de  $I_n$  i de  $I_o$  són pràcticament superposades a la mil·lèsima aproximadament.

*Remarca.*—En la posició G, els ecrans són situats més lluny de la font que en la posició B. Per consegüent, el coeficient d'absorció global donat per la corba obtinguda en la posició G constitueix una part important del coeficient de difusió, mentre que el coeficient d'absorció obtingut en B és molt veí del coeficient d'absorció veritat. D'aquest fet, la radiació  $\gamma$  mesurada en la posició G, ha de contenir una més gran part de radiacions  $\gamma$  secundàries de  $\gamma$  primàries, que la radiació  $\gamma$  mesurada en la posició B. Al contrari, no conté, com hem fet remarcar, radiació  $\gamma$  secundària de  $\beta$  primària. La superposició que pràcticament s'observa per a les corbes B i G prové, potser, d'un fenomen de compensació entre les radiacions  $\gamma$  secundàries de  $\gamma$  primària i de  $\beta$  primària. De totes maneres, llurs intensitats respectives semblen febles (veure sobre la radiació  $\gamma$  secundària de  $\gamma$  primària, cap. I, § 3).

#### 6. Obteniment de la corba d'absorció de la radiació $\beta$ primària.

En les posicions C i D els ecrans són situats directament sota la cambra de ionització. Si no es fa actuar el camp magnètic (posició C) es rebrà en la cambra:

$$I_c = \nu_p + \beta_p + \nu_s + \beta_s \quad (\text{fig. 17})$$

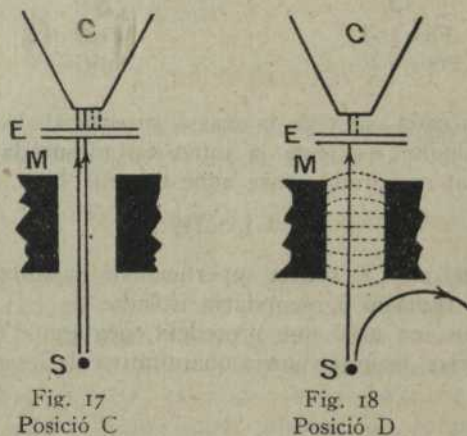


Fig. 17  
Posició C

Fig. 18  
Posició D

Si s'estableix el camp magnètic (posició D), es rebrà en la cambra:

$$I_D = \nu_p + \beta_s \quad (\text{fig. 18})$$

La diferència  $I_c - I_D$  serà, tota vegada que la radiació  $\gamma$  secundària és negligible:

$$I_c - I_D = 6_p$$

La seva variació amb la massa superficial dels ecrans ens donarà la corba d'absorció de la radiació  $\beta$  primària isolada.

En resum, el mètode ens permet conèixer:

La corba d'absorció de la radiació  $\gamma$  primària isolada (§ 2);

La corba d'absorció de la radiació  $\beta$  secundària isolada (§ 4);

La corba d'absorció de la radiació  $\beta$  primària isolada (§ 6);

Una corba que representa (§ 3) la radiació  $\beta$  total, tant primària com secundària, que emergeix dels ecrans, o, més aviat, la seva variació amb la massa superficial dels ecrans.

Més lluny veurem per quines consideracions teòriques es poden desprendre d'aquesta darrera corba informacions sobre la radiació  $\beta$  primària isolada, que constitueixen una comprovació dels resultats obtinguts pel mètode més directe indicat en el paràgraf 6.

*Remarca.*—Hem d'observar que les condicions de mesura dels coeficients d'absorció per als raigs  $\beta$  i els raigs  $\gamma$  són diferents. En efecte, els raigs  $\gamma$  són mesurats (§ 2) amb l'ajuda d'ecrans situats sobre la font, mentre que els raigs  $\beta$  (§ 4 i § 6) són mesurats mitjançant ecrans situats sota la cambra de ionització. Aquesta diferència és inherent al mateix principi del mètode.

És essencial de remarcar que les condicions de mesura són les mateixes per als raigs  $\beta$  primaris i per als raigs  $\beta$  secundaris. El fet que els raigs  $\beta$  i  $\gamma$  no són mesurats en condicions absolutament idèntiques sols té, altrament, una importància relativa.

No ens hem preocupat de les parts de difusió i absorció veritables que intervenen en els coeficients d'absorció tal com els determinen, per tal com l'objecte d'aquest treball no és l'estudi d'aquests fenòmens.

## CAPITOL IV

### TRAÇAT DE LES CORBES

Examinarem en aquest capítol la tècnica emprada per tal d'obtenir resultats numèrics directament interpretables.

#### 1. *Les mesures d'intensitat.*

Hem vist en el capítol II que les mesures d'intensitat del corrent de ionització eren efectuades amb l'ajuda d'un electroscopi de fulla d'or. Aquesta fulla d'or és visada per una ullera proveïda d'una escala micromètrica; s'observa el desplaçament de la imatge de la fulla sobre l'escala, entre dues divisions escollides una vegada per totes. La inversa de la durada d'aquest desplaçament serà, per a nosaltres, la mesura de la intensitat del corrent de ionització, és a dir, en definitiva, la mesura de la radiació que prové de les cambres de ionització.

Hem vist igualment en el cap. II que una part de la radiació de la font

arribava directament a l'aparell de mesures malgrat les proteccions establertes per evitar-ho. Efectuarem, doncs, una correcció de la forma següent: de cada mesura de la intensitat, restarem la valor de la intensitat mesurada en l'electroscopi isolat de la cambra de ionització. Aquesta correcció afecta, igualment, la ionització paràsita que existeix, àdhuc en absència de la font.

Cada determinació experimental és obtinguda per la mitjana de cinc mesures.

Per tal de portar les intensitats mesurades a valors comparables, hem mesurat en cada grup d'experiències la intensitat de la radiació  $\gamma$  sense filtració i hem pres aquesta intensitat per unitat.

### 2. Sostracció de les corbes obtingudes amb i sense camp magnètic.

Per a cada disposició dels ecrans i per a cada valor de llur massa superficial, hem mesurat successivament i sense interrupció, la intensitat amb camp magnètic i sense. Per obtenir les diferències cercades (vegi's capítol III), no hem sostret pas directament aquestes valors experimentals, sinó, més aviat, les valors llegides sobre les corbes representatives. Les corbes traçades entre els punts experimentals atenuen, en efecte, els errors que els afecten.

### 3. Descomposició d'una corba logarítmica en tronçons rectilinis corresponents als grups principals.

Hem vist en el capítol I, par. 2, que la corba logarítmica d'absorció d'una radiació heterogènia, còncava al principi, esdevé rectilínia a partir del moment en què el grup principal més penetrant subsisteix sol (fig. 19). Prolonguem aquesta part rectilínia MN fins a trobar l'eix de les ordenades. L'ordenada a l'origen així determinada representa el logaritme de la intensitat inicial del grup principal més penetrant, el coeficient màssic d'absorció del qual és proporcional al pendent de la dreta PN. Considerem, ara, dos punts A i B de la mateixa abscissa, situada l'un sobre la corba experimental entre l'origen i M, l'altre sobre el segment de dreta PM. Cerquem els números que tenen, respectivament, per logaritme les ordenades d'aquests punts. La diferència d'aquests números representarà la in-

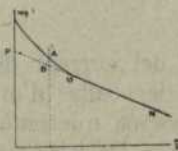
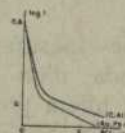
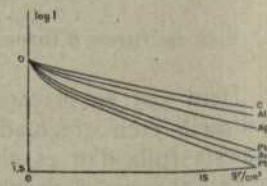


Fig. 19

Fig. 20  
Exemples de corbes AFig. 21  
Corbes B

tensitat, per a l'abscissa considerada, del feix heterogeni privat del grup més penetrant. Aquesta corba afecta la mateixa forma que la primera. Se

la sotmetrà al mateix anàlisi i així, tot seguit, fins que s'obtingui, finalment, una dreta. S'haurà, llavors, descomposat la corba experimental primitiva en un cert nombre de dretes, el què correspon a la descomposició del feix heterogeni en altres tants grups principals.

**CAPITOL V**

**CORBES EXPERIMENTALS I CORBES QUE SE'N DEDUEIXEN**

1. *Corbes experimentals A, B, C, D, E, F, G.*

No ens ha semblat possible de reproduir el gran nombre de corbes que han estat construïdes durant el curs d'aquest treball. Per a la posició B nosaltres hem pogut agrupar en un mateix gràfic les corbes obtingudes per a les sis substàncies. Per a les altres posicions, donem solament, a títol d'exemple, una de les sis corbes obtingudes, la forma de les quals és anàloga a les altres.

La fig. 20 representa dos exemples de corbes A. Aquestes corbes A representen l'absorció de la radiació global. Hom veu que aquestes corbes són repartides en el plan en l'ordre dels números atòmics dels elements corresponents. El mateix es nota, amb més claredat, en les sis corbes B de la fig. 21 que representen l'absorció de la radiació  $\gamma$  sola en els sis cossos estudiats.

La fig. 22 representa la corba A i la corba B, relatives totes dues a una mateixa substància (el plom). Veiem que la corba A que representa, com hem dit, el logaritme de la intensitat total ( $\beta$  i  $\gamma$ ) en funció de la massa superficial dels ecrans, decreix al principi més depressa que la corba B, per a la qual els raigs  $\beta$  són eliminats. A partir d'una certa abscissa, aquestes corbes romanen sensiblement paral·leles.

La fig. 23 representa les corbes designades per C i D (per al plom), obtingudes, com es sap, situant els ecrans d'anàlisi sota les cambres de ionització, en el cas en què la font no és recoberta per cap radiador. La fig. 24 mostra les posicions relatives de les corbes A, B, C i D per a una mateixa substància (plom). Hom veu que els orígens d'A i de C coincideixen, a l'igual que els de B i de D.

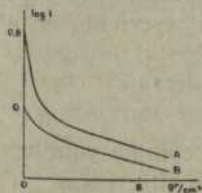


Fig. 22  
Corbes A, B, relatives al Pb

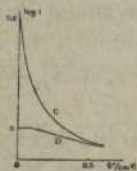


Fig. 24  
Corbes C i D relatives al Pb

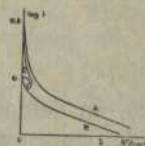


Fig. 23  
Corbes C i A referides a les corbes A i B (Plom)

La corba C decreix més ràpidament encara que A; la corba D decreix menys ràpidament que B, de forma que C i D arriben a juntar-se per a una abscissa de l'ordre de 1 gr/cmq, abscissa per a la qual la totalitat dels raigs  $\beta$  primaris és deturada.

La fig. 25 representa per al plom les corbes designades per E i F, obtingudes, com s'ha vist, amb un radiador de massa superficial determinada (1,04 gr/cm<sup>2</sup>) situat sobre la font, amb els ecrans analitzadors situats sota la cambra de ionització.

La fig. 26 mostra les posicions relatives de les fonts A, B, E i F i la coincidència respectiva dels orígens de E i F amb punts situats sobre les corbes A i B. Sobre aquesta figura les abscisses són relatives, fins a 1,04 gr/cm<sup>2</sup>, al radiador sol; les abscisses comptades a partir de 1,04 gr/cm<sup>2</sup> són relatives a l'analitzador, per a les corbes E i F que comencen en aquesta abscissa. Les corbes E i F (fig. 25) com les corbes C i D, es reuneixen per a una abscissa tal en què la radiació  $\beta$  (ací  $\beta$  secundària) sigui totalment deturada. Aquesta abscissa és compresa per a les corbes E i F, segons el cos simple considerat, entre 0,6 i 1 gr/cm<sup>2</sup>.

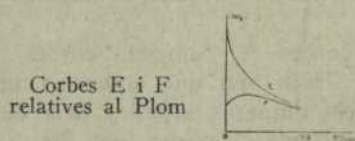


Fig. 25

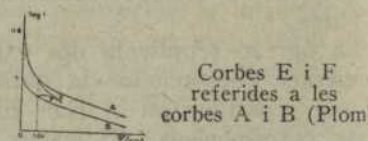


Fig. 26

Hem remarcarà el començ de la corba F que no té pas l'aspecte habitual d'una corba d'absorció. Això és degut a la superposició de dos fenòmens. Hem escrit, en efecte, (Cap. III, par. 4):

$$I_F = \nu_p + \nu_s + \beta'_s$$

A la decreixença de la radiació  $\gamma$ , s'afegeix la creixença de la radiació  $\beta$  secundària nascuda en l'analitzador. Pel fet d'ésser la cambra de ionització més sensible a aquests raigs absorbibles que als raigs  $\gamma$ , la creixença pot dominar sobre la decreixença i la corba pot presentar una derivada positiva.

Per bé que no sigui directament aparent, aquest fenomen de superposició existeix igualment al començament de la corba E; escrivim, en efecte:

$$I_E = \nu_p + \beta_s + \nu_s + \beta'_s$$

Però, en definitiva, nosaltres no hem de tenir en compte aquestes anomalies del començament de les corbes E i F, car és la diferència

$$I_E - I_F = \beta_s$$

la que nosaltres tractem de posar de manifest, com veurem en el paràgraf següent.

Hem dit, més amunt, que les corbes G coincidien amb les corbes B, d'ací que no les examinem en particular.

2. Corbes obtingudes per sostracció.

Nosaltres hem explicat ja com les corbes A-B representen la superposició de tres fenòmens: absorció de la radiació  $\beta$  primària, formació de la radiació  $\beta$  secundària, absorció d'aquesta radiació.

Per a  $\frac{m}{s} = 0$ , la intensitat inicial representa la radiació  $\beta$  primària sola;

per a  $\frac{m}{s}$  suficientment gran, és cert que la radiació  $\beta$  primària ha desaparegut, i que solament existeixen els altres dos fenòmens sols. Si s'observa el conjunt de les corbes  $\log(I_A - I_B)$  per als sis cossos simples estudiats, es remarca que totes aquestes corbes es tallen (fig. 27) en un mateix punt P, per a una abscissa veïna de 1,8 gr/cm<sup>2</sup>. D'ací resulta que la intensitat de la ra-

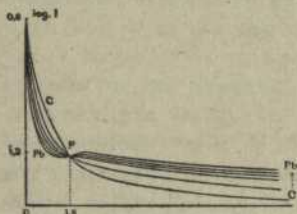


Fig. 27  
Corbes A-B

diació corpuscular eixida d'un filtre que tingui una massa superficial de 1,8 gr/cm<sup>2</sup> és la mateixa, sigui quina sigui la substància del filtre.

Per a les abscisses inferiors a les del punt P, les corbes són repartides com fa preveure la llei de variació del coeficient màssic d'absorció dels raigs  $\beta$  en funció del número atòmic de l'absorbent, establerta per M. Georges FOURNIER <sup>6</sup>:

$$\frac{\mu}{\rho} = a + bN$$

La intensitat de la radiació  $\beta$  no absorbida per un ecran de massa superficial  $\frac{m}{s}$  és tant més gran com el número atòmic de l'absorbent és més petit. D'ací que la corba A-B per al carboni hagi de decreixer, al començament, menys ràpidament que la de l'alumini i així successivament.

Per a abscisses superiors a les del punt P, les corbes es reparteixen en sentit invers, per tal com la intensitat de la radiació secundària és més gran en un cos pesat que en un cos lleuger.

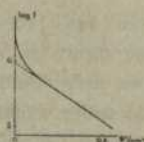


Fig. 28  
Corba (C-D)  
relativa al Plom

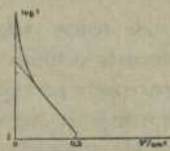


Fig. 29  
Corba (E-F)  
relativa al Plom

<sup>6</sup> Georges FOURNIER, C. R. 1925, vol. CLXXX, pàg. 284 i 1490.

Les corbes C-D ens donen directament la radiació  $\beta$  primària, tal com hem vist. Aquestes corbes, traçades en logaritmes (fig. 28) presenten al començament una concavitat dirigida vers els log I creixents, i fineixen per una part rectilínia que correspon a la radiació més penetrant. Les valors de la intensitat de la radiació  $\beta$  primària esdevenen negligibles per a masses superficials compreses entre 0.6 gr/cm<sup>2</sup> (plom) i 0.9 gr/cm<sup>2</sup> (carboni). Hom pot, doncs, pràcticament considerar que la radiació  $\beta$  primària es completament extingida per a una filtració de 1 gr/cm<sup>2</sup>.

Les corbes E-F donen directament la radiació  $\beta$  secundària, si es té cura d'escollir la massa superficial del radiador bastant gran per a que la radiació  $\beta$  primària sigui pràcticament extingida.

Aquestes corbes (E-F) (fig. 29) tenen la mateixa forma general que les corbes C-D.

R. P., trad.

(Acabarà.)

### Notes de Química

ELS DISSOLVENTS ININFLAMABLES EN L'EXTRACCIÓ D'OLIS.

Julian GIL MONTERO. - *Química e Industria*. - Maig, 1927.

El problema que de temps no poc llunyans es presenta a la indústria dels olis residuals, sembla que tingui avui dia una mica de llum. S'han emprat amb més o menys dificultats i avantatjes, diversos dissolvents que, tals com el sulfur de carboni, tenen la propietat comú d'ésser tots ells extremadament inflamables, ço que fa augmentar en un gran percentatge el perill a que continuament estan exposades les fàbriques en que amb ells es treballa.

Avui dia, sembla que l'experiència hagi aportat a la indústria un nou dissolvent, el triclorur d'etil o triclor-etilèn, anomenat abreujadament *tri*, amb propietats del tot superiors a les dels altres dissolvents: aquest és completament ininflamable, ademés de tenir un poder de dissolució més elevat.

Els resultats que amb ell s'han obtingut en algunes fàbriques italianes han estat del tot satisfactoris; la introducció d'aquest procediment s'ha iniciat ja en el nostre país, ja que permet emprar les mateixes instal·lacions de maquinària que es necessiten en el procediment al sulfur.

LA FIXACIÓ DEL NITROGEN ATMOSFERIC A ESPANYA.

Lorenzo LÓPEZ MONDET. - *Química e Industria*. - Abril, 1927.

Les necessitats en que temps enrera es trobaven quasi tots els països civilitzats d'importar adobs nitrogenats naturals, entre els que figuraven en primer lloc els nitrats xilens, van desaparèixer per moments a causa dels nombrosos treballs que venen realitzant-se per les diverses nacions, per tal de poder adquirir amb el temps una completa autonomia en llur producció d'adobs nitrogenats sintètics.

Espanya, on les necessitats agrícoles van de cada dia an augment, ha començat també aquesta tasca, per la Societat Ibèrica del Nitrogen. Actualment compta ja amb