

LE DIAMÈTRE DES GRAINS ET LA SENSIBILITÉ DES ÉMULSIONS NUCLÉAIRES

H. G. de Carvalho et A. G. da Silva *

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro

(Received December 30, 1960)

Introduction.

Le but du présent travail est la mesure du diamètre moyen des grains dans l'émulsion G5 en employant une méthode simple, et la recherche de la relation entre le diamètre des grains et la densité des traces.

Le diamètre des grains de l'émulsion photographique a été l'objet de recherches depuis 1915, alors que Mees étudia son influence sur les propriétés photographiques. Pour les émulsions nucléaires on a déjà étudié le rapport qui existe entre le diamètre des grains et la densité des grains (2), le pouvoir d'arrêt, la sensibilité et autres propriétés. Les grains fins donnent la meilleure différenciation des particules chargées de nature et d'énergie

* Actuellement détachés du "Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas" et "Comissão Nacional de Energia Nuclear"(Brasil).

différentes surtout quand les rayons δ sont importants pour leur identification. Les traces de grains fins permettent des mesures plus précises d'angle entre les trajectoires et dans la diffusion multiple. Les émulsions à grains fins présentent aussi certains avantages dans les problèmes d'autoradiographie. Le voile produit par les rayons γ et par les rayons X nuit moins à l'observation des traces dans ces émulsions. Les grains très fins sont cependant difficiles à observer au microscope et même quelquefois si les grains sont trop fins l'emploi d'un microscope ordinaire devient impossible.

Quand on cherche surtout à obtenir le maximum de densité des grains pour le minimum d'ionisation de chaque trajectoire de particule chargée, il est important de savoir la relation qui existe entre la grosseur des grains et la sensibilité afin de trouver un compromis entre la grosseur du grain et la densité désirée des grains.

En 1935 Jdennv proposa la relation suivante basée sur des considérations géométriques:

$$(1) \quad dN/dR = 3C/2d$$

dN/dR densité de la trace, C fraction volumétrique de AgBr, d diamètre des grains. En 1949 Berriman s'efforça pour obtenir de meilleures trajectoires dans les émulsions d'augmenter le diamètre des grains de l'émulsion NT2 et obtint la première émulsion sensible à des particules au minimum d'ionisation.

Comme on a des raisons de préférer les grains fins pour les raisons ci-dessus, Demers (6) en se basant sur l'équation de Jdanov essaya de préparer des émulsions nucléaires à grains fins et réussit à produire des émulsions à grains très fins qui enregistraient des particules au minimum d'ionisation. Perfilov a montré récemment une émulsion à grains très fins qui enregistrait les particules au minimum d'ionisation avec une densité granulaire élevée.

En appliquant la relation de Jdanov on suppose que chaque grain rencontré sur le parcours de la particule ionisante est rendu développable. Ceci peut être vrai pour les particules fortement ionisantes mais ne l'est certainement pas pour les particules moins ionisantes ou pour les émulsions de faible sensibilité. Par conséquent l'équation de Jdanov doit s'écrire comme suit:

$$(2) \quad dN/dR = (3C/2d)p$$

p est un paramètre de probabilité. On exprime ordinairement ce paramètre en fonction de la sensibilité et de la perte d'énergie de la particule par: $1 - \exp - F(S, dE/dR)$.

Sensibilité

Dans le présent travail nous avons décidé de considérer p comme une fonction du diamètre et nous avons supposé que la sensibilité pour une certaine sorte d'émulsion était indépendante du diamètre des grains. La sensibilité est considérée comme la réciproque du nombre minimum d'électrons nécessaires pour rendre un

grain développable dans un bain particulier et à une température donnée. Le nombre d'électrons est proportionnel à la perte d'énergie de la particule et à son parcours à travers le grain. Par des considérations géométriques il est aisé de voir que p est représenté par $l - (l^2/d^2)$, quand l est la longueur moyenne minimum nécessaire pour impressionner le grain; l'équation de Jovanov devient alors:

$$(3) \quad dN/dR = (3C/2d)(l - l^2/d^2)$$

Cette équation est valable pour un modèle d'émulsion nucléaire consistant en sphères d'halogénure d'argent égales, dispersées dans la gélatine. En réalité cependant, c'est une dispersion de cristaux apparemment sphériques avec une distribution de diamètre. On peut corriger l'équation (3) pour le diamètre des grains, ce qui donne:

$$(4) \quad dN/dR = (K_{\pi}/4) \left(\int yx^2 dx - l^2 \int y dx \right) \quad \text{de } l \text{ à } \infty$$

où $y(x)$ est la fonction de distribution et

$$C = (K_{\pi}/6) \int yx^3 dx \quad \text{de } 0 \text{ à } \infty$$

qui est une quantité limite se rapportant à la quantité totale de Ag Br; K est une constante de normalisation. En supposant une influence de la distribution du diamètre des grains, la forme de la courbe doit changer. On a cru raisonnable de supposer une distribution normale des diamètres dont les paramètres ont été extraits des travaux de Perfilov. Les deux courbes (G5 et PR) montrent un rapport constant du diamètre moyen à la déviation normale, m/σ ,

égale à 4,7. La courbe II figure 1 représente l'équation (4) quand on emploie une distribution normale avec $m/\sigma = 4,7$. On peut voir que la courbe est plus basse avec des maxima plus larges. La forme générale de cette courbe est la même que celle obtenue expérimentalement par Demers pour ses deux émulsions.

Mesure du diamètre des grains de l'émulsion nucléaire Ilford G5.

Le diamètre des grains de l'émulsion développée est plus grand que celui des cristaux originaux d'halogénure d'argent d'un facteur 2 et dans les émulsions à grains très fins, suivant le développement, on obtient quelquefois un facteur 4. Le diamètre dans les émulsions nucléaires G5 ne peut pas être mesuré d'une façon précise avec un microscope optique. On a employé le microscope électronique, mais le flux intense d'électrons décompose les grains et modifie leur forme. Les méthodes indirectes, d'ombre portée, de réplique, etc. sont ainsi préférables; dans ce travail on a employé une méthode indirecte suggérée par Demers basée sur la relation donnée par Jdanov et vérifiée expérimentalement.

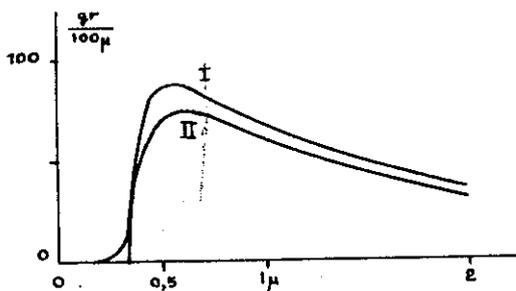


Fig. 1

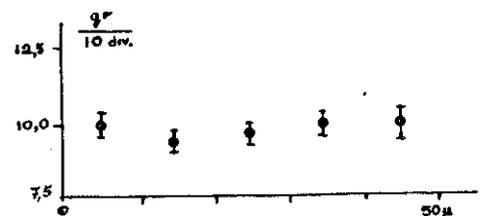


Fig. 2

Considérons l'équation (3): le facteur $(1 - \lambda^2/d^2) \approx 1$ quand λ est très petit. Ce qui signifie une **particule fortement ionisante** et une émulsion de très grande sensibilité, comme l'émulsion G5 irradiée avec des particules α . Puisqu'il est impossible, à cause de la saturation, d'isoler, à l'aide d'un microscope, les grains individuels d'une trajectoire de particules α dans une G5 normale, il faut donc employer des émulsions qui contiennent plus de gélatine. Des émulsions G5 qui contiennent 2, 4 et 8 fois la quantité normale de gélatine furent exposées dans le vide à une source ponctuelle de particules α du ThC + ThC', sous un angle d'incidence de 5° . La plaque contenant quatre fois la quantité de gélatine fut choisie comme la meilleure pour cette sorte de mesure.

Il est possible que la densité des traces de particules α soit plus grande à la fin comme on devrait s'y attendre d'après les courbes d'ionisation et à cause de l'effet de rayons δ de faible énergie. Pour vérifier ce fait on a compté les grains dans les différentes régions de la trace. La figure 2 montre les résultats obtenus; dans les limites de l'erreur expérimentale il n'y a aucun changement dans la densité des grains.

La mesure du diamètre des grains déterminée par cette méthode dans les émulsions nucléaires Ilford G5 atteint une valeur de $0,32 \pm 0,01 \mu$, ce qui s'accorde bien avec celle calculée d'après la distribution donnée par Perfilov: $(d_{\text{moy}}^3)^{1/3} = 0,334 \mu$.

Bibliographie

1. G. E. K. MEES, J. Franklin Inst., 151:179 (1951). E. G. DODD et G. WALLER, Phot. Sens.: 226 (1951). E. PICKUP, Can. J. Phys., 31:898 (1953).
2. A. JDANOV, J. Phys. Rad., 6:233 (1935).
3. P. CÜER, C. R., 223:1121 (1946).
4. J. H. WEBB, Phys. Rev., 74:511 (1948).
5. R. W. BERRIMAN, Phot. J., 89B:121 (1949).
6. P. DEMERS, Can. J. Res. A, 25:223 (1947).
7. P. DEMERS, Can. J. Phys. (1954).
8. N. A. PERFILOV, Conf. Intern. Radioisot. Rech. Scientif. (1957).

* * *