Mouvement brownien des particules d'huile, d'étain et de cadmium dans différents gaz et à diverses pressions

Autor(en): **Schidlof, A. / Targonski, A.**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Archives des sciences physiques et naturelles**

Band (Jahr): **41 (1916)**

PDF erstellt am: **25.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-742670

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Ce résultat s'accorde, quant à l'ordre de grandeur, avec les plus grandes vitesses de volatilisation observées par M. Targonski :

Il est évident que la volatilisation ne peut continuer indéfiniment. On ne peut douter que dans un récipient fermé contenant du mercure en présence d'un gaz quelconque s'établit finalement l'état stationnaire obéissant aux lois thermodynamiques connues. Du reste l'effet supposé, en remplaçant la couche superficielle de mercure par une couche de gaz comprimé sous l'influence de la pression interne très considérable du mercure, doit nécessairement aboutir à un état d'équilibre où le bombardement moléculaire ne fait qu'échanger des molécules de même espèce. Cela ne peut évidemment produire aucune variation de masse, du moins en ce qui concerne des gouttes immobiles.

Les conditions changent si les gouttes sont maintenues en mouvement (mouvement de chute et d'ascension ou mouvement brownien) car alors la couche de protection qui tend à se former est constamment détruite par l'agitation de la goutte. Cependant la vitesse *limite* ne doit être observable que dans des conditions exceptionnelles.

Encore cette conséquence de la théorie s'accorde avec les résultats obtenus par M. Targonski. Pour la même raison, il est difficile de soumettre la formule (5) à une vérification quantitative. Il faudrait opérer sur des gouttes dépourvues de toute couche de protection ; mais puisque cette couche semble pouvoir être détruite par un mouvement violent de la goutte, nous croyons possible de réaliser cette condition, approximativement du moins, en augmentant la pression de pulvérisation.

M. Targonski a entrepris une série d'expériences qui semblent favorables à la théorie exposée.

A. Schidlof et A. Targonski (Genève). — *Mouvement brownien des particules d'huile, d'étain et de cadmium dans différents gaz et à diverses pressions.*

Des expériences antérieures avaient montré que l'observation du mouvement brownien des particules de mercure amalgamé et des particules métalliques pulvérisées dans l'arc voltaïque fournit des valeurs d'autant plus petites de la charge élémentaire que la particule est plus grande. Cette constatation avait conduit l'un de nous à la supposition que la théorie d'Einstein ne s'applique peut-être qu'au cas où les dimensions de la particule sont petites en comparaison du libre parcours moyen des molécules du gaz ambiant [1].

Pour étudier de plus près cette question nous nous sommes pro-

[1]) A. Targonski, *C. R.*, 1915, t. *161*, p. 778.

posé d'expérimenter en premier lieu sur des corpuscules de forme sphérique et de densité bien déterminée. Des gouttes d'huile d'olive satisfont à ces conditions. Nous en avons observé le mouvement brownien dans l'air à la pression ordinaire et à une pression voisine de 0,05 atmosphères.

On sait que pour calculer la charge d'une particule, d'après les données tirées de l'étude du mouvement brownien, on utilise des formules qui ne font intervenir *explicitement* ni la forme ni la densité des particules. Soit $\overline{\lambda^2}$ le carré moyen du déplacement brownien dans 1 seconde (calculé d'après les écarts statistiques des durées de chute), N le nombre d'Avogadro ($6{,}06 \times 10^{23}$), R la constante des gaz parfaits, T la température absolue, on obtient la mobilité B du petit corps par la formule d'Einstein (1). D'autre part en désignant par v_1 la vitesse moyenne de chute, par v_2 la vitesse moyenne d'ascension dans un champ électrique d'intensité F, par n le nombre des charges élémentaires (e) portées par la particule, on a une seconde formule (2) qui, combinée avec la première, permet le calcul de e.

$$(1) \quad B = \frac{N}{2RT}\overline{\lambda^2}\,; \qquad\qquad (2) \quad e = \frac{nFB}{v_1 + v_2}\,.$$

La seule supposition qui intervienne dans l'emploi simultané de ces deux formules est celle-ci : *La mobilité B définie par la formule statistique (1) doit avoir la même valeur que celle qui entre dans la formule (2) tirée de la dynamique des fluides.* Ceci n'aura lieu vraisemblablement que si la particule présente une forme sphérique, parce que dans ce cas seul la valeur de B ne dépend pas de l'orientation de la particule.

En ce qui concerne la précision des observations statistiques, un calcul récent de M. E. Schrödinger [1] montre que l'écart probable de la moyenne (Δe) ne dépend que du nombre des observations suivant la formule :

$$\frac{\Delta e}{e} = \pm\sqrt{\frac{2}{m}}\,.$$

Dans le tableau suivant nous avons réuni les résultats des observations portant non seulement sur des gouttes d'huile mais aussi sur des particules d'étain obtenues par pulvérisation mécanique du métal fondu dans une atmosphère d'azote et sur des particules de cadmium produites par l'ébullition du cadmium tantôt dans de l'hydrogène pur, tantôt dans de l'hydrogène renfermant un peu d'air. Les écarts Δe ont été calculés en supposant exacte la valeur

[1]) E. Schrödinger, *Phys. Zeitschr.*, 1915, *16*, p. 289.

de la charge élémentaire qui a été trouvée par M. Millikan [1] d'après une méthode très précise :

$$e = 4{,}774 \times 10^{-10} \text{ unités électrostat.}$$

TABLEAU [2]

CORPS	Nombre des partic. observées	Nombre des observ. m	$10^{10}e$ Unités électrost.	Δe	$\frac{\Delta e}{e}$	$\sqrt{\frac{2}{m}}$	Rayon apparent $10^5 a$ (cm.)
Huile, press. ordin.	47	1380	5.05	0.27	+ 5,7 %	±3,7 %	2 à 7
Huile, press. réd.	8	365	4.18	0.59	−12,5 %	±7,4 %	3 à 6
Etain	15	721	4.31	0.46	− 9,5 %	±5,3 %	envir. 3
Cadmium	9	523	4.91	0.14	+ 2,9 %	±6,2 %	envir. 5

La moyenne générale résultant de 2989 observations est :

$$e = 4{,}765 \times 10^{-10} \text{ unités électrostat.}$$

Cette valeur ne s'écarte que de 0,2 % du nombre de Millikan, tandis que l'erreur probable (d'après Schrödinger) est de $\pm$ 2,6 %.

Parmi les différents corpuscules ultramicroscopiques étudiés, les gouttes d'huile seules doivent avoir une forme sphérique. On peut d'ailleurs se rendre compte, dans une certaine mesure de la forme d'une particule ultramicroscopique chargée, en calculant sa densité au moyen de la loi de Stokes-Cunningham (3) qui implique la supposition d'une forme sphérique. En désignant par a le « rayon apparent » de la particule, par η le coefficient de viscosité et par l le chemin moyen des molécules du gaz, par g l'accélération de la pesanteur, on peut tirer la « densité apparente » σ des formules (3) et (4).

$$(3) \quad B = \frac{1 + 0{,}87\, l/a}{6\pi\eta a} \qquad (4) \quad \sigma = \frac{3v_1}{4\pi B a^3 g}.$$

En ce qui concerne les particules d'étain on a pu ainsi se rendre compte que celles-ci se divisent en deux catégories. En présence

[1] R. A. Millikan, *Phys. Rev.*, 1913, *2*, p. 109.

[2] Les chiffres indiqués dans ce tableau ont été calculés en attribuant aux résultats obtenus pour chaque particule individuelle un poids proportionnel au nombre des observations. Un mode de culcul plus correct conduit à des nombres quelque peu différents qui seront publiés et discutés ultérieurement.

de traces d'air ou d'humidité on a obtenu des particules de densité apparente 0,8 (22 particules); la pulvérisation dans l'azote pur fournit des particules d'une densité apparente 1,6 (16 particules), à condition qu'on refroidisse brusquement le métal pulvérisé. En ralentissant le refroidissement on peut obtenir des densités apparentes plus élevées et allant jusqu'à la limite 4,2 (celle de l'étain pur est 7). On a observé 24 de ces particules de plus grande densité apparente. Les densités apparentes des particules de cadmium varient entre les limites de 0,15 et 0,75. Toutes ces densités sont incontestablement trop faibles pour pouvoir être considérées comme réelles. La forme de ces corps s'écarte donc certainement beaucoup de la forme sphérique, mais il semble que, pour des conditions déterminées de production, les particules présentent entre elles une similitude de forme qui se manifeste par l'égalité des densités apparentes. En pulvérisant de l'étain et en ralentissant le refroidissement on a réussi quelquefois à obtenir des particules presque sphériques.

L'observation du mouvement brownien de *toutes* ces particules conduit à des chiffres concordants pour la charge de l'électron, à l'opposé de ce qui a été constaté pour des particules de mercure amalgamé et pour celles qui ont été produites dans l'arc voltaïque. Notons du reste que celles-ci fournissent des « densités apparentes » variant irrégulièrement dans des limites bien plus étendues; leur forme est donc probablement moins régulière que celle des particules d'étain et de cadmium étudiées dans les présentes recherches.

De l'ensemble de ces expériences résultent les conclusions suivantes :

1° La théorie d'Einstein du mouvement brownien s'applique aux particules sphériques (sphérules d'huile) sans restrictions.

2° Elle s'applique de même, du moins approximativement, à des particules non sphériques de forme pas trop irrégulière (particules d'étain et de cadmium) quel que soit le milieu gazeux.

3° La valeur de la charge élémentaire des ions gazeux, déduite de l'étude du mouvement brownien dans les gaz, concorde avec le nombre obtenu d'après d'autres méthodes plus précises.