

Nicoleta-Corina BĂBĂLÎC

Ion PĂLĂRIE

Nicoleta-Corina BĂBĂLÎC

Ion PĂLĂRIE

FIZICA ATOMULUI ȘI MOLECULEI

LUCRĂRI PRACTICE



**Editura Universitaria
Craiova, 2017**

Referenți științifici:

Conf.univ.dr. Mariana OSIAC

Conf.univ.dr. Gabriela Eugenia IACOBESCU

Copyright © 2017 Editura Universitaria

Toate drepturile sunt rezervate Editurii Universitaria

Descrierea CIP a Bibliotecii Naționale a României

BĂBĂLÎC, NICOLETA-CORINA

Fizica atomului și moleculei : lucrări practice / Nicoleta-Corina Băbălîc, Ion
Pălărie. - Craiova : Universitaria, 2017

Conține bibliografie

ISBN 978-606-14-1285-3

I. Pălărie, Ion

DETERMINAREA SARCINII SPECIFICE A ELECTRONULUI PRIN METODA MILLIKAN

Metoda Millikan de determinare a sarcinii specifice a electronului pune în evidență caracterul discret al sarcinii electrice, evidențiind, totodată, că valoarea minimă a sarcinii electrice este egală cu e .

Determinarea sarcinii elementare prin această metodă se bazează pe mișcarea uniformă a unor particule fine (de ulei sau fum), purtătoare de sarcini egale cu multiplii întregi de sarcini elementare, în câmpul electric dintre armăturile unui condensator plan.

Forțele electrice slabe care acționează asupra particulei, purtătoare a uneia sau mai multor sarcini elementare, reușesc să modifice esențial mișcarea acesteia, doar în cazul în care particula este foarte mică. Din acest motiv, experiența se realizează cu particule mici, vizibile doar la microscop.

Dacă o astfel de particulă (presupusă de formă sferică) de masă m și de sarcina q se mișcă în câmpul electric de intensitate \vec{E} , creat între plăcile condensatorului plan, atunci asupra ei acționează următoarele forțe: greutatea aparentă a particulei $G = \frac{4\pi r^3 \rho g}{3}$, unde $\rho = \rho_p - \rho_a$, ρ_p - densitatea particulei, ρ_a - densitatea aerului; forța electrică $\vec{F}_e = q\vec{E}$; forța Stokes de frecare cu aerul $\vec{F}_s = -6\pi\eta r\vec{v}$ (η - coeficientul de vâscozitate al aerului, \vec{v} - viteza de mișcare a particulei).

Deoarece forța de frecare crește cu creșterea vitezei, ea va compensa, într-un timp scurt, rezultanta celorlalte forțe și, în consecință, particula se va mișca uniform (rezultanta tuturor forțelor care acționează asupra particulei este nulă). Prin inversarea sensului câmpului electric se poate face ca particula să urce sau să coboare. Presupunând că particula urcă cu viteza v_u (Fig. 1a) și coboară cu viteza v_c (Fig. 1b), condițiile de echilibru a forțelor pentru cele două cazuri se pot scrie astfel:

$$\begin{aligned} \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g + 6\pi \eta r v_u - q E &= 0 \\ \frac{4}{3}\pi r^3 \rho g - 6\pi \eta r v_c + q E &= 0 \end{aligned} \tag{1}$$

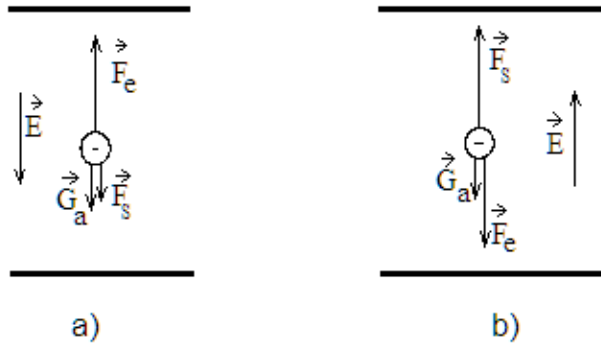


Fig. 1. Echilibrul forțelor care acționează asupra particulei electrizate: a) urcare; b) coborâre.

Sistemul celor două ecuații (1) are două necunoscute q și r . Deoarece raza particulei este dificil de determinat experimental, din sistemul de ecuații (1) se elimină r

$$r = \frac{3}{2} \sqrt{\frac{\eta (v_c - v_u)}{\rho g}} \quad (2)$$

și apoi se determină sarcina particulei:

$$q = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\eta^3 \pi D}{\rho g U}} (v_c + v_u)(v_c - v_u)^{1/2} \quad (3)$$

în care s-a folosit: $E = U/D$, (U - tensiunea aplicată pe plăcile condensatorului, D - distanța dintre plăci).

Dacă notăm constanta aparatului:

$$C = \frac{9}{2} \sqrt{\frac{\eta^3 \pi D}{\rho g U}} \quad (4)$$

atunci expresia sarcinii q devine:

$$q = C(v_c + v_u)(v_c - v_u)^{1/2} \quad (5)$$

Determinarea sarcinii q se reduce astfel la determinarea vitezelor de urcare și coborâre a particulei. Pentru aceasta, se măsoară timpul de urcare (t_u) și timpul de coborâre (t_c) a particulei între două repere situate unul față de altul la distanța d cunoscută:

$$v_u = \frac{d}{t_u} ; v_c = \frac{d}{t_c} \quad (6)$$

În lucrare se vor determina sarcinile unor particule electrizate de fum de țigară, prin măsurarea timpilor de urcare și coborâre a particulelor în câmpul electric dintre plăcile unui condensator plan.

Este necesar însă să facem unele observații cu privire la precizia măsurătorilor. Având în vedere că sarcinile q determinate sunt multipli sarcinii elementare e , caracterul discret al sarcinii electrice poate fi pus în evidență, doar dacă, eroarea absolută Δq de determinare a sarcinii q este mult mai mică decât valoarea absolută a sarcinii e :

$$\Delta q \ll e \quad (7)$$

Ca urmare, eroarea relativă ε_q de determinare a lui q trebuie să îndeplinească condiția:

$$\varepsilon_q = \frac{\Delta q}{q} \ll \frac{1}{n} \quad (8)$$

Dacă $q = n e$ (n - numărul de sarcini elementare), atunci inegalitatea (8) se va scrie:

$$\frac{\Delta q}{q} \ll \frac{1}{n} \quad (9)$$

Se observă că pentru a avea o eroare cât mai mică de determinare a sarcinii, este necesar ca n să fie cât mai mic.

Aplicând relației (3) (cu considerarea relațiilor (6)) teorema de propagare a erorilor, se găsește:

$$\frac{\sigma_q}{q} = \sqrt{\frac{\sigma_U^2}{U^2} + \frac{\sigma_{t_c}^2}{4 t_c^2} \cdot \frac{3(t_u+t_c)^2 t_u^2 t_c^2}{(t_u^2-t_c^2)^2} + \frac{\sigma_{t_u}^2}{4 t_u^2} \cdot \frac{3(t_u-t_c)^2 t_u^2 t_c^2}{(t_u^2-t_c^2)^2}} \quad (10)$$

în care σ este abaterea standard.

În condițiile în care se realizează experiența, cea mai mare influență asupra preciziei de măsurare o au ultimii doi termeni de sub radical. Eroarea de măsurare a timpilor t_c și t_u este de 0,1 – 0,2 secunde. De aceea, eroarea de măsurare a lui q va fi cu atât mai mică, cu cât vor fi mai mari valorile timpilor de urcare și coborare. Pentru a realiza acest lucru ar trebui mărită distanța pe care o parcurge particula, ceea ce ar complica foarte mult instalația experimentală. Din acest motiv se preferă o altă cale de mărire a timpilor t_u și t_c , anume utilizarea particulelor care se mișcă foarte încet și pentru aceasta se folosește o diferență de potențial U mică. Alegerea

particulelor care se mișcă încet se face astfel: se aplică un timp, nu foarte mare, tensiunea pe plăci, mai întâi într-un sens, apoi în sens invers. În acest timp, particulele cu sarcină mare (n mare) vor fi atrase de plăcile condensatorului, rămânând între plăci numai cele cu sarcină mică (n mic). Acestea se recunosc după viteza mică de deplasare, timpii de deplasare ajungând la aproximativ 10 s.

Dispozitivul experimental

Schema dispozitivului experimental este prezentată în Fig. 2. Partea principală a dispozitivului o constituie un condensator plan (1) cu armăturile așezate orizontal. Placa superioară prezintă un orificiu foarte mic (2) prin care se introduce fum de țigară. O parte din particulele solide din fumul de țigară se electrizează prin frecare în momentul în care sunt introduse. Inversarea polarității plăcilor condensatorului se face cu ajutorul unui comutator bipolar (3). Tensiunea aplicată pe plăcile condensatorului este furnizată de sursa (4).

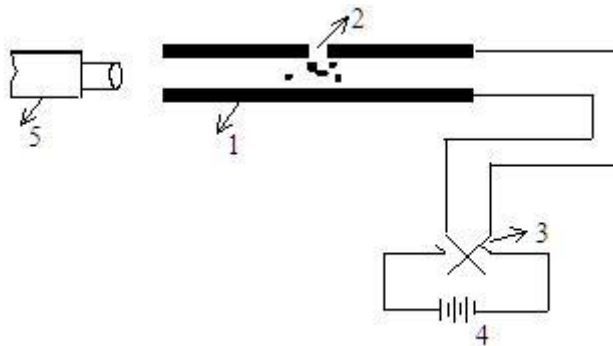


Fig. 2. Schema dispozitivului Millikan.

Mișcarea particulei se observă cu ajutorul unui microscop (5) prevăzut cu micrometru ocular, etalonat în prealabil pentru combinația $G_{ob} = 10$ și $G_{ob} = 15$. Se poate verifica faptul că în acest caz $1 \text{ div. oc.} = 9 \cdot 10^{-5} \text{ m}$. Dacă se utilizează o altă combinație obiectiv - ocular, atunci trebuie etalonat micrometrul ocular. Distanța d pe care se deplasează particula se obține prin înmulțirea lui 1 div. oc. cu numărul de diviziuni între care se mișcă particula. Deoarece iluminarea se face printr-o fereastră laterală, perpendicular pe direcția de observare, particulele vor apărea ca niște puncte luminoase pe un fond întunecat.

Modul de lucru

Se verifică legăturile electrice, apoi se cuplează sursa de lumină la rețea. Se introduce fumul de țigară. Se reglează microscopul astfel încât să se observe particulele luminoase. Se cuplează redresorul la rețea și se aplică tensiune pe plăcile condensatorului.

La începutul experienței se lasă particulele să cadă 5-10 s în câmpul electric, pentru ca particulele rapide să fie reținute de plăcile condensatorului. Dintre particulele rămase în câmp se alege una (care are viteza mică) și se trece de mai multe ori, în sus și în jos, între reперele alese pe micrometrul ocular, prin inversarea sensului câmpului cu ajutorul comutatorului bipolar. Se măsoară t_u și t_c (atenție, microscopul inversează imaginea). În calcule se va utiliza media timpilor t_u și respectiv media timpilor t_c . Se repeată experiența pentru cel puțin 50 de particule. Cu ajutorul relațiilor (6) se va determina v_u și v_c . Pentru determinarea constantei aparatului C se folosește relația (4) și valorile $\eta = 1,82 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/m} \cdot \text{s}$, $\rho = 704,8 \text{ Kg} \cdot \text{m}^{-3}$, $D = 3,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $U = 40 \text{ V}$.

Pentru determinarea sarcinii elementare se verifică, mai întâi, caracterul discret al sarcinilor. În acest scop se studiază distribuția sarcinilor electrice ale particulelor cu ajutorul histogramei $n_p = f(\tilde{q}_k)$ în care n_p reprezintă numărul particulelor cu sarcinile cuprinse în intervalul $[1 + (k - 1) \cdot \Delta\tilde{q}, 1 + k \cdot \Delta\tilde{q}]$, iar q_k este exprimată în unități de sarcină electrică ($\tilde{q}_k = q_k / e$) și $\Delta\tilde{q}$ este pasul ales. Din histogramă se va constata existența unor grupări ale sarcinilor particulelor doar în jurul valorilor întregi ale lui \tilde{q}_k , ceea ce demonstrează caracterul cuantificat al sarcinilor electrice ale particulelor. Pentru a calcula sarcina elementară, pe baza datelor experimentale obținute, pentru fiecare grupare în parte se face raportul q_i/n dintre sarcina q_i a fiecărei particule și valoarea întreagă n corespunzătoare grupării.

Rezultatele obținute se trec în tabelul următor:

$U(V)$	$t_u(s)$	$t_c(s)$	$v_u(m/s)$	$v_c(m/s)$	$q_i(C)$	$\frac{\sigma_{q_i}}{q_i}$	\tilde{q}_i	n	$e_i(C)$	$\bar{e}(C)$

DETERMINAREA SARCINII SPECIFICE A ELECTRONULUI PRIN METODA MAGNETRONULUI

Scopul lucrării îl constituie determinarea sarcinii specifice a electronului prin metoda magnetronului. Pentru aceasta se folosește o diodă cu catod și anod cilindrice, coaxiale. Mișcarea electronilor se produce în spațiul inelar dintre anod și catod. Filamentul diodei este situat de-a lungul axei anodului cilindric, astfel că în acest sistem câmpul electric are o simetrie radială. Dioda este plasată în interiorul unui solenoid care crează un câmp magnetic paralel cu axa de simetrie a sistemului.

Pentru a studia mișcarea electronilor care se deplasează sub acțiunea celor două câmpuri: electric și magnetic, se folosește sistemul de coordonate cilindrice. În acest sistem poziția unui punct se determină cu ajutorul distanței r de la axa cilindrului până la punct, a unghiului polar φ și a deplasării de-a lungul axei Oz (Fig. 1).

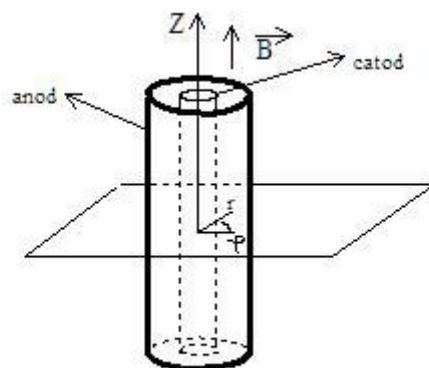


Fig. 1. Sistemul de coordonate cilindrice.

Deoarece câmpul electric are simetrie radială, el are componentele:

$$E_r = -\frac{U}{\ln \frac{r_a}{r_c}} \cdot \frac{1}{r}; \quad E_z = 0; \quad E_\varphi = 0 \quad (1)$$

unde: U este diferența de potențial dintre anod și catod, r_a este raza anodului, r_c este raza catodului și r distanța de la axa Oz până la punctul considerat.

În consecință, forța electrică $\vec{F}^e = e \vec{E}$ va avea componentele:

$$F_r^e = e E_r; \quad F_r^e = 0; \quad F_\varphi^e = e E_r \quad (2)$$