

PRÀCTICA VII

Dispersió de partícules.

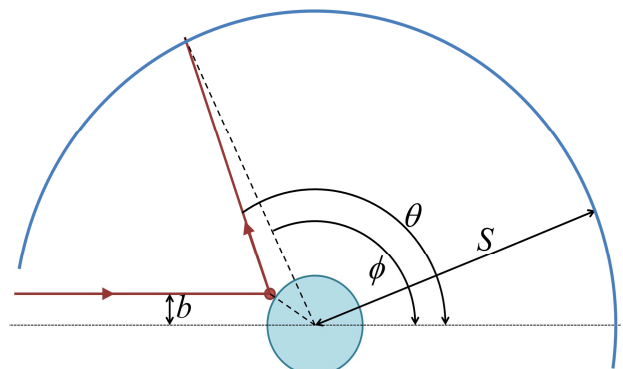
Objectius: Determinació del radi d'un centre dispersiu a partir de la mesura de l'angle de dispersió en funció del paràmetre d'impacte.

1 Introducció teòrica

L'any 1910, Sir T. Rutherford va demostrar a partir d'un experiment de dispersió que la càrrega positiva de l'àtom es troba concentrada en una regió de l'espai (nucli atòmic) d'uns 10^{-14} - 10^{-15} m de radi, al voltant de la qual es distribueixen els electrons atòmics. La distància mitjana d'aquests electrons al nucli atòmic és de l'ordre de 10^5 cops el radi nuclear. Aquest experiment significà l'origen de la teoria nuclear de l'àtom, en contraposició al model de Thompson, en el qual la càrrega negativa (puntual) es trobava en el si d'una distribució de càrrega positiva estesa a tot el volum atòmic.

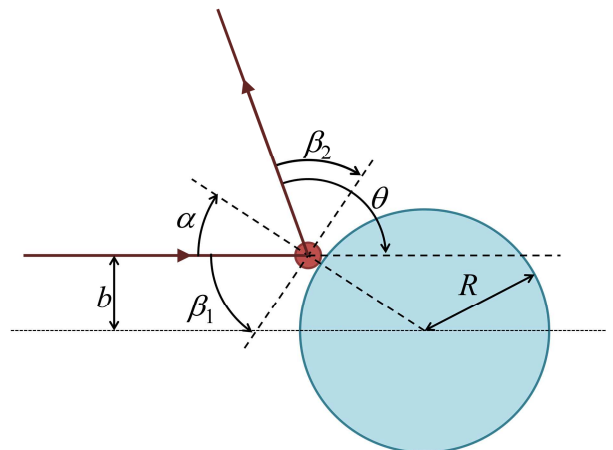
L'experiment de Rutherford consisteix en estudiar com es dispersa un feix de partícules α monoenergètiques en travessar una làmina metàl·lica molt prima d'or. De l'anàlisi del número relatiu de partícules que són dispersades en un angle donat, Rutherford va donar una estimació per a la mida del centre dispersor, en aquest cas, el nucli atòmic.

En aquesta pràctica realitzem un experiment semblant al de Rutherford en un cas macroscòpic. La idea es senzilla: fem incidir balins de radi r , sobre un cilindre dispersor de radi R (molt més gran que r), i de l'anàlisi dels angles de dispersió dels balins, ϕ , sobre una carcassa exterior de radi S , avaluem de forma indirecta el radi, R , del centre dispersor, el qual, òbviament, podem comparar amb la mesura experimental directe.



Anomenem:

- $\theta \rightarrow$ angle de dispersió
- $b \rightarrow$ paràmetre d'impacte
- $r \rightarrow$ radi de la partícula incident
- $R \rightarrow$ radi del centre dispersor
- $S \rightarrow$ radi de la carcassa exterior
- $\phi \rightarrow$ angle de dispersió respecte a la posició $b = 0$
- β_1 i β_2 angles formats per la trajectòria dels balins i la tangent al centre dispersor en el punt de contacte
- $\alpha \rightarrow$ angle format per la trajectòria dels balins i la recta que uneix el punt de contacte i el centre del cilindre dispersor.



A partir de les figures i amb una mica de trigonometria es pot deduir que $\beta_1 + \beta_2 = \theta$

A més si considerem que el xoc és elàstic $\beta_1 = \beta_2 = \theta/2$

$$\theta = \phi - \arcsin\left(\frac{b}{S}\right)$$

$$\sin \alpha = b/(r + R)$$

$$\sin \alpha = \cos \beta_1 = \cos \theta/2$$

Amb la qual cosa assolim que $\cos \theta/2 = \frac{b}{r+R}$. Si imposem a més que $b \ll S$ llavors obtenim que

$$\cos \frac{\phi}{2} \cong \frac{b}{r + R}$$

De manera que podem avaluar fàcilment el radi del centre dispersor, R , a partir de la relació entre el paràmetre d'impacte, b , i l'angle de dispersió ϕ .

2. Realització experimental

2.1 Material

Es disposa d'una pistola d'aire comprimit que permet disparar balins de radi r contra un cilindre de radi R per diferents paràmetres d'impacte b (que es poden mesurar mitjançant un peu de rei que està solidari amb la pistola. Els balins, després de ser dispersats, impacten i fan actuar un dels detectors que estan a la superfície del recinte (de radi S). Aquest impacte és recollit per un ordinador que l'enregistra en un arxiu d'Excel.

2.2 Mesura del radi dels balins.

Per tal de determinar el radi dels balins, r , mesureu amb el cargol de Palmer (o micròmetre) el diàmetre d'uns 10 balins. Anoteu també la resolució d'aquest aparell.

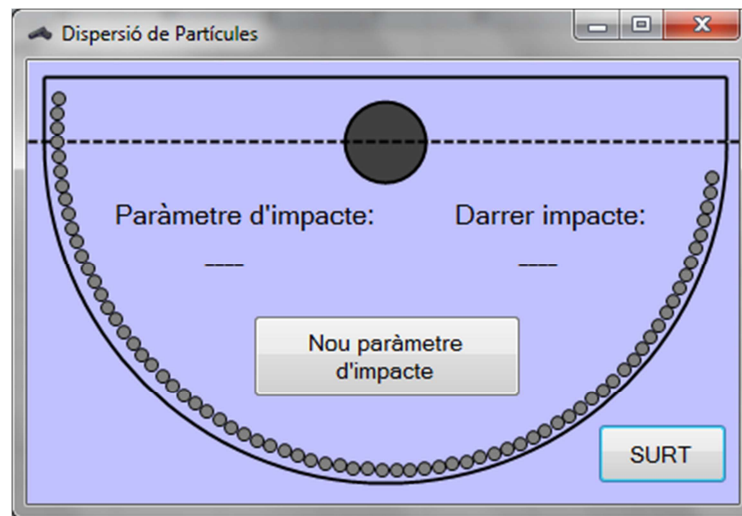
2.3 Experiment de dispersió de partícules.

Engueu el PC obrint la sessió com a l'usuari "ALUMNE". Automàticament s'haurà obert una aplicació anomenada "Dispersió de partícules" i un full d'Excel (C:\Dispersio\Dispersio.xlsx). En primer lloc us preguntarà si voleu eliminar les dades anteriors i (en principi) li haureu de dir que "SI".

Desplaceu la pistola mitjançant el cargol del suport de la pistola fins a la posició 10mm i mitjançant el botó de l'aplicació "Nou paràmetre d'impacte" introduïu el valor al PC. A partir d'aquest moment l'aplicació està preparada per enregistrar els impactes dels balins en els detectors.

Realitzeu 30 trets assegurant-vos que el programa de control detecta els impactes. Cada 10 trets obriu el dispositiu, i amb l'ajut d'un imant recolliu els balins (si es realitzen els trets amb una quantitat elevada de balins al dispositiu es poden tenir impactes múltiples no desitjats).

Repetiu el mateix procés per a cadascun dels valors del paràmetre d'impacte des de 10 mm fins a 40 mm en intervals de 5mm.



Programa que enregistra els impactes dels balins

Un cop acabades les mesures pitgeu el botó “SURT”. Amb això es tancaran les aplicacions i es desaran els canvi. Copieu-vos l’arxiu d’Excel amb els resultats el podeu trobar a C:\Dispersio\Dispersio.xlsx. L’estructura de arxiu d’Excel és la següent teniu a la primera columna els valors dels paràmetres d’impacte utilitzats i a l’esquerra de cadascun dels valors els angles a on s’han produït els impactes expressats en graus. Amb l’anàlisi de les dades recollides podeu determinar la resolució angular de l’aparell que afegida a la dispersió estadística dels resultats us donarà l’error de les mesures.

NOTA: Si per qualsevol motiu l’aplicació deixés de respondre als impactes, seguiu aquest procediment per salvar la feina feta fins al moment. Abans de res feu que l’Excel desi l’arxiu. Tanqueu el programa i l’Excel. Desconnecteu el cable USB que va la caixa negra i torneu-lo a connectar passats uns segons. Torneu a obrir l’aplicació “Dispersió” mitjançant l’accés directe que trobareu a l’Escriptori de l PC i quan es pregunti si voleu eliminar les dades anteriors responeu “NO”. Torneu a introduir el valor del paràmetre d’impacte i ja podreu seguir prenent les mesures.

3. Qüestions

1) **[1 punt]** Mesureu el radi de 10 balins, doneu-ne el valor mitjà i l'error associat. Doneu el valor del radi del centre dispersiu i el seu error.

2) **[2.5 punts]** Ompliu la taula següent a partir de la mesura del l'angle de dispersió dels balins en funció del paràmetre d'impacte, b (Noteu que els angles de la taula els haureu d'expressar en radians).

b (mm)	δb (mm)	$\langle \phi \rangle$ (rad)	σ_ϕ (rad)	$\delta \phi$ (rad)	$\cos(\phi/2)$	$\delta(\cos(\phi/2))$

3) **[2.5 punts]** Representeu gràficament $\cos(\phi/2)$ en funció del paràmetre d'impacte, b . Teòricament la relació entre el paràmetre d'impacte i l'angle de dispersió és

$$\cos \frac{\phi}{2} \cong \frac{b}{r + R}$$

on R = radi del centre dispersiu i r = radi de les partícules incidents. Ajusteu una regressió lineal a la gràfica anterior i doneu-ne el pendent i l'ordenada a l'origen i les seves incerteses.

4) **[1.5 punts]** Calculeu, a partir de la relació anterior, el valor del radi R del cilindre dispersiu i doneu el seu error.

5) **[1.5 punts]** Compareu el resultat experimental amb el valor obtingut per mesura directa. Doneu la diferència relativa entre ambdós valors i també les seves incerteses relatives. Considereu satisfactori l'acord entre ambdós resultats?

6) **[1 punt]** Discutiu el possible efecte sobre resultats obtinguts de la presència d'un error de zero en la mesura del paràmetre d'impacte i estimeu el valor d'aquest error.

APENDIX: AFEGIU UNA TAULA AMB LES VOSTRES DADES DELS ANGLES D'IMPACTE PER A CADASCUN DELS VALORS DEL PARÀMETRE D'IMPACTE