

Simulación del experimento de Rutherford

(Práctica nº 12 de 4º de la ESO – curso 2015 – 2016)

Objetivos generales:

A).- Entender los resultados del experimento de Rutherford, a partir de una simulación sencilla.

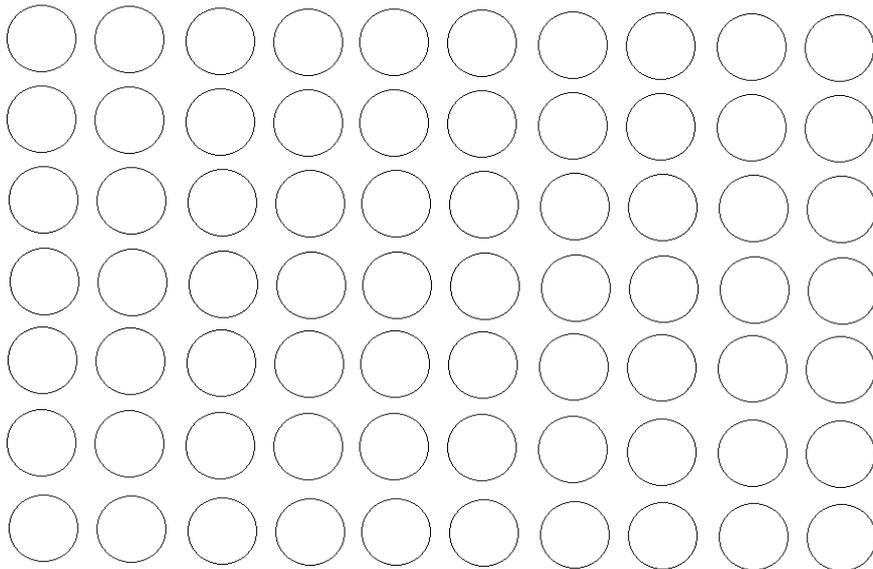
B) .- Valorar la importancia de los resultados y conclusiones obtenidas en este experimento.

C).- Observar que en la Física a veces se pueden obtener resultados importantes mediante alternativas relativamente exóticas o al menos sorprendentes, como en este caso, que a veces se llama “Método de Montecarlo”.

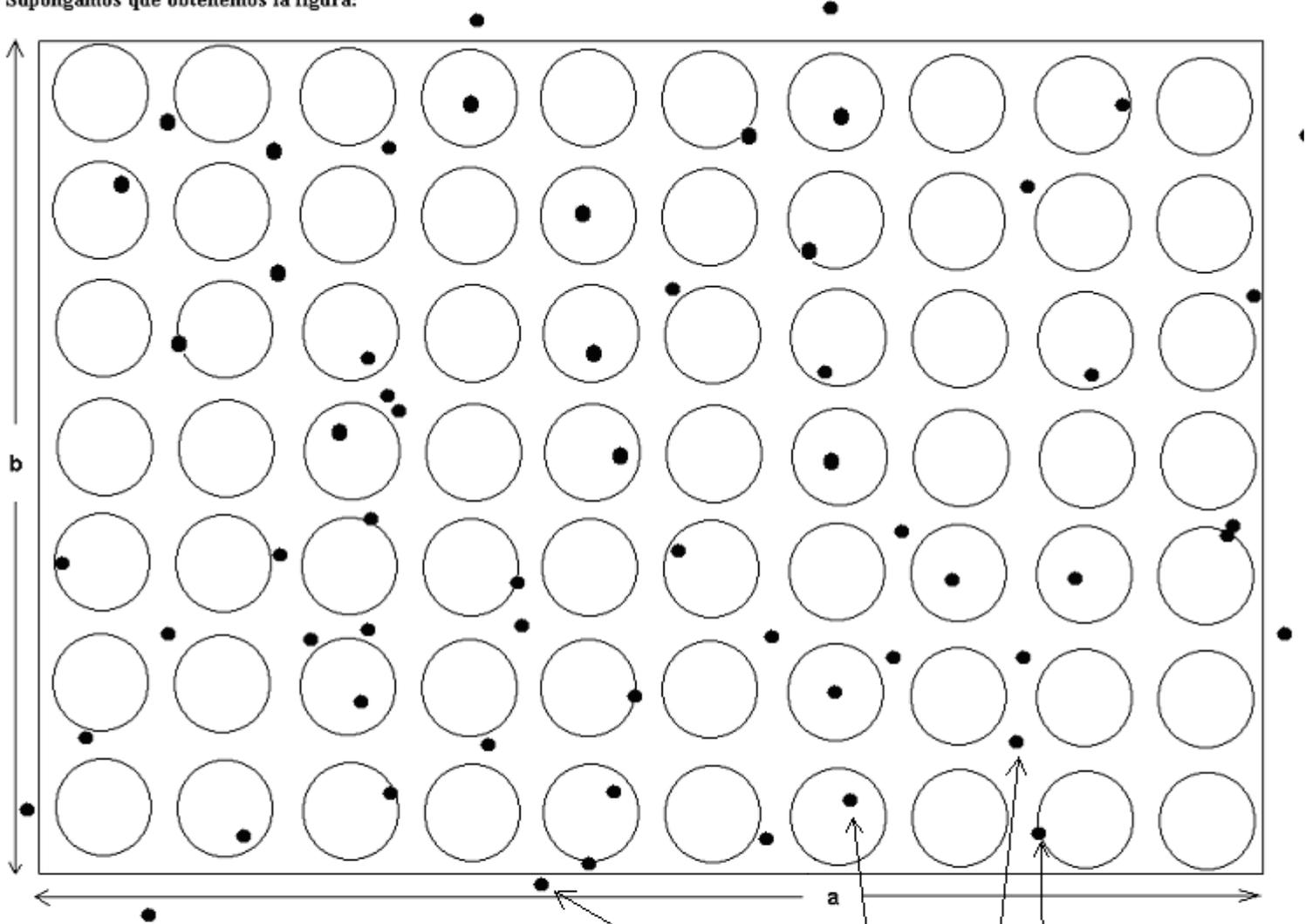
Objetivo específico.- Obtener el radio de los círculos sin aplicar la regla directamente, para después hacer “la prueba “ con aquella, y dando así ocasión propicia para hallar el valor del error absoluto y error relativo.

Materiales : Papel de carbón de “calco”, bola pequeña de vidrio (o “canica”, lápiz, y regla, plantilla en la que están dibujados un cierto número de círculos.

Es según la figura:



Supongamos que obtenemos la figura:



Observando la figura anterior, consideraremos lo siguiente:

Los impactos que están fuera del rectángulo, NO se tiene en cuenta.

Número total de impactos = todos los que ocurren dentro del rectángulo de lados a y b.

Los impactos que están dentro de los círculos se consideran efectivos.

Los impactos fuera de los círculos se consideran NO efectivos.

Se considera que los impactos que están sobre la frontera (circunferencia) solo son efectivos la mitad de ellos.

Número total de impactos efectivos = N° de impactos que están dentro de las circunferencias + la mitad de los que están sobre ellas.

PROCEDIMIENTO:

- 1.- Se delimitan apropiadamente el área donde están los círculos dibujados sobre el folio suministrado por un rectángulo; se mide los lados de dicho rectángulo (no el radio de los círculos, esto se hará al final a modo de prueba).
- 2.- Se cuentan los círculos que hay dentro del rectángulo realizado a tal fin; se anota este número.
- 3.- Se "tapan" los círculos con el papel "calco" con la cara apropiada para dejar huella , haciendo coincidir los lados de ambos folios.
- 4.- Se deja caer la canica unas 100 o 150 veces desde una altura de unos 25 o 40 cm sobre el sistema antes montado, evitando rebotes, esto debe hacerse de manera lo mas uniforme posible sobre toda la superficie del papel de "calco".

5.- Una vez finalizado lo anterior se levanta el papel de “calco” y se empieza a contar el número de huellas de impacto, teniendo en cuenta el número total que han ocurrido dentro del rectángulo y las que quedan dentro de los círculos (la que puedan caer sobre las circunferencias – frontera de los círculos – se anota solo la mitad de ellas).

6.- Se considera las huellas que han caído sobre todos los círculos y las totales sobre el rectángulo, estableciendo una “regla de tres” de la siguiente manera:

Si el área de rectángulo ---- le corresponden ---→ el número total de impactos (sobre el rectángulo), entonces:

Sobre el área de todos los círculos ----corresponderán -----→ todos los impactos caídos sobre ellos.

De aquí se obtiene el área que deben tener el total de círculos respecto al rectángulo que los contiene. Dividiendo por el número de ellos se obtiene el área de cada uno de ellos.

Y por último, como el área de cada uno de ellos es $A = \pi \cdot R^2$, de aquí se puede despejar el valor de R.

Es decir:

Si el área de la hoja ----(recogió) ---- > 100 impactos (por ejemplo) ; entonces:

$$X \leftarrow \text{----(Corresponderán a)----} \quad (\text{N}^\circ \text{ de impactos efectivos})$$

Donde X ha de representar la suma del área de todos los círculos existentes; luego, el área de uno de ellos será la de todos dividida entre el número de los que hay:

$$\text{Área de un círculo: } X / N ; \text{ entonces como: } A = \pi \cdot R^2 \quad \text{ó } A = \pi \cdot D^2/4 \Rightarrow$$

$$X / N = \pi \cdot D^2 / 4 \Rightarrow D^2 = (4/\pi) \cdot (X/N) \Rightarrow D = \sqrt{[(4/\pi) \cdot (X/N)]} .$$

7.- A continuación se “hace la prueba” midiendo realmente el radio con una regla y se establecen comparaciones a través de los cálculos de los errores absoluto y relativo.

Observaciones importantes:

1.- Se entiende fácilmente que las canicas corresponderán a las partículas α en el experimento de Rutherford, y que los círculos representan los núcleos de los átomos de oro situados en la delgada lámina que rellenan.

2.- Las manchas de impacto sobre cada círculo representan las interacciones de las partículas α con los núcleos de los átomos; y que se corresponden con las que sufren la repulsión de los núcleos debido a la carga positiva que tienen ambas entidades.

3.- A principios del siglo XX, se suponía que la carga positiva estaba distribuida mas o menos uniformemente a lo largo de todo el átomo (modelo de Thompson), como el número de repulsiones observadas (den, en algunas ocasiones, rebotes) es muy pequeño, y que la mayor parte de las partículas α no “se enteran” – pasa de largo en línea recta , esto demuestra que el modelo de Thompson no puede ser correcto, y esta idea que lo sustituye es que el átomo debe tener un núcleo muy pequeño, (y también debe ser muy masivo y con carga positiva). Para completar esta ideas (modelo de Rutherford) se supone que los electrones se mueven alrededor del núcleo en órbitas circulares., de manera análoga a como lo hacen los planetas alrededor del Sol.

4.- La idea parece interesante, pero tiene un gran defecto: y es que los electrones, - como cualquier partícula cargada - no puede estar en rotación sin emitir energía, si esto fuera así los electrones se precipitarían sobre el núcleo haciendo que todos los átomos fueran altamente inestables.

5.- No obstante aún se puede conservar esta nueva idea - al menos de manera aproximada - haciendo surgir, eso sí, una condición algo extraña, que dice que pueden existir ciertas órbitas privilegiadas en la que los electrones "tienen permiso" para permanecer en órbita sin perder energía (se llaman orbitas estacionarias).

Para que dichas órbitas puedan tener esta propiedad, estas deben presentar que sus momentos angulares sean múltiplos enteros de la constante de Plank.

Estas afirmaciones fueron realizadas por Bohr, poco después de obtener los resultados de Rutherford, (en cursos superiores se referirán a ellas como los Postulados de Bohr).

6.- Aunque las ideas anteriores dan resultados bastante buenos para sistemas con un solo electrón, fallan estrepitosamente cuando hay mas de un electrón (por ejemplo el átomo de helio), es por ello por lo que es necesario invocar la idea de que el electrón presenta una nueva propiedad, - muy extraña - que es la poder comportarse como una onda.

Ahora, con esta nueva idea, para que el electrón pueda permanecer en una orbita en la que quede dispensado de emitir energía, este debe hacer valer una condición que equivale a la de ser una onda (onda estacionaria). Esto último se deriva de lo que se llama hipótesis de D' Broglie.

Es decir: para que podamos seguir imaginando que los electrones giren alrededor del núcleo, es necesario invocar las ideas de D'Broglie.

Esta nueva condición es: la de que la longitud de su orbita (circunferencia) por la que se mueve el electrón siempre debe contener un número entero de longitudes de onda de la onda asociada propuesta por D'Broglie.

7.- Con todo se presenta gran dificultad en pensar en el electrón como si fuera una onda, pero de no hacerlo así, no se pueden justificar los distintos hechos experimentales. En rigor debemos abandonar la idea de trayectoria concreta por donde pasa el electrón.

8.- Basándose en las ideas de D' Broglie, Srödinger inventó una ecuación de la que hace surgir para el electrón una función de onda (cuya parte espacial se llama orbital), y que trabajando con ella se justifican todos los hechos experimentales observados. Esto constituye la base de lo que se suele llamar Mecánica Cuántica, que es la parte de la Física Moderna (surgida en el siglo XX), que estudia con gran éxito el llamado microcosmos (moléculas, átomos y partículas subatómicas).

9.- Actualmente se puede decir, que consideramos como válido el "Modelo de Srödinger", en el que se niega que el electrón tenga una órbita concreta y en vez de ello, la Mecánica Cuántica, que no puede determinar esta, a cambio si puede calcular con absoluta precisión la probabilidad de que pueda manifestarse la existencia del electrón en determinado lugar . A estos lugares o zonas del espacio se llaman orbitales.

Para poder visualizar todo lo anterior podemos dar la siguiente analogía:

Pensemos en el horario de un trabajador que ocupa diversos sitios distintos y a distintas horas del día, lo que podemos saber con absoluta certeza es donde puede estar en una hora determinada del día, pero no tenemos ni idea de cómo llega hasta ahí (puede ir andando, en coche, en bicicleta, . . etc, a la empresa en la que trabaja esto le da igual; es decir: desconocemos por completo su trayectoria).

El horario de los dicha persona corresponderán a la función de onda, y los sitios en los que debe estar correspondería a los orbitales, (que en el caso del electrón surgen de la función de onda de Srödinger).

10.- Actualmente aún se piensa en la dificultad de asociar una onda al electrón, pero en el fondo, debido a esto, se tiene que surge una propiedad tan extraña que hasta Einstein estaba en desacuerdo total ; esta idea es la de

que el azar o probabilidad que es la propiedad central y característica de la Mecánica Cuántica, que según Max Born es esta (la probabilidad) es directamente proporcional al cuadrado del módulo de la función de onda de Schrödinger.

Como curiosidad histórica se tiene que Einstein decía que “Dios no juega a los dados” y en la actualidad se dice (según Hawking) que “Dios no solo juega a los dados, sino que siempre los coloca allí donde no pueden ser vistos”.

En resumen:

1.- Debemos abandonar el concepto de trayectoria (u órbita) para asimilar y abrazar el concepto de orbital.

2.- En resumen: los nombres clave, para la estructura atómica, de momento, son 5: Rutherford, Planck, Bohr, Dirac y Schrödinger. (Siguen más: Heisenberg, Dirac, Max Born, Feynman, Gell-Mann, . . . etc, etc, pero los consideraremos en cursos posteriores).

Las imágenes reales sobre esta práctica son las siguientes:

