

# Electricidad

David Sospedra Iborra

**Titulación**

Ingeniería Técnica Industrial, especialidad en química industrial

# INDICE

## **Práctica 1: Errores de las medidas**

Error absoluto .....	1
Error relativo .....	2

## **Práctica 2: Electrostatica**

Determinación de la velocidad .....	4
Determinación de la carga/masa.....	5

## **Práctica 3: Ley de Stokes**

Ecuación de movimiento .....	7
------------------------------	---

## **Práctica 4: Física nuclear**

Núcleo atómico .....	9
Simulación del experimento de Rutherford.....	10
Modelo atómico de Rutherford .....	16

## **Práctica 5: Efecto fotoeléctrico**

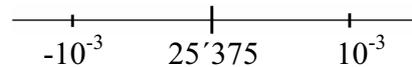
Efecto fotoeléctrico .....	17
Espectro de emisión de metales y gases .....	18

**ERROR ABSOLUTO**

Es una medida de ajuste del cálculo de una magnitud con respecto al valor real o teórico que dicha magnitud tiene, por lo que en física no hay medidas exactas por definición. El error absoluto nos indica el grado de aproximación y da un indicio de la calidad de la medida, además, nos da idea de la sensibilidad del aparato con el que se mide. Finalmente, el conocimiento de la calidad se complementa con el error relativo.

Los errores serán números reales. Vemos aquí un ejemplo:

25,375 g  $\pm 10^{-3}$  g (cota de error absoluto)



Nos sirve cualquier punto perteneciente a él, dentro de este intervalo cerrado. El error absoluto vendría determinado por la fórmula:

$$X = \mu \pm E_a, \text{ donde}$$

$E_a$  = error absoluto

$\mu$  = valor de la medida

La cota de error absoluto depende del instrumento de medida. Por otra parte, hay que tener presente también los diversos tipos de medidas como las medidas sensibles, las directas y las indirectas:

**1.-** En el primer caso se tratan de medidas precisas. Sin embargo, en este caso también debemos añadirle la cota de error. Por ejemplo, en 2'5 cm escribimos  $0'5 \pm 0'1$  cm. En cuanto al número "pi" ( $\pi$ ), expresarlo así: 3'14 no sería correcto, por lo que debemos usar la cota de error de esta forma:  $\pi = 3'14 \pm 0'01$ .

**2.-** En el segundo caso tenemos las medidas directas, referidas a las magnitudes fundamentales, que son aquellas que se definen por sí mismas, y son independiente de las demás, como por ejemplo la masa, el tiempo, la longitud, etc..

**3.-** Por último tenemos las medidas indirectas, que son aquellas que obtenemos a través de las fórmulas físicas o matemáticas. Cuando el cálculo de una medición se hace indirectamente a partir de otras que ya conocemos, que ya tienen su propio margen de error, tendremos que calcular junto con el valor indirecto el error de éste. Para calcularlo, partimos de unas medidas directas y de los errores de esas medidas, y aplicamos una ecuación por la que a partir de las medidas conocidas podemos calcular el valor de una medida indirecta.

Por ejemplo, en el cálculo de la superficie de un rectángulo, tenemos que sus dos lados miden  $12'3 \pm 0'1$  cm y  $8'2 \pm 0'1$  cm, y sabemos que:

$$S = a * b; S = 100'86 \text{ cm}^2$$

Luego, para hallar la imprecisión tomamos las dos dimensiones con el exceso de sus imprecisiones. Serán  $12'4$  y  $8'3$  y obtenemos el área por exceso  $S' = 102'92 \text{ cm}^2$ . Restamos  $S' - S = 102'92 - 100'86 = 2'06 \text{ cm}^2$ . Esta será la imprecisión ( $2'06$ ) que daremos con una cifra significativa. El resultado de la superficie se expresará como  $100'86 \pm 2 \text{ cm}^2$ . Como la imprecisión marca la certeza del resultado, la expresión correcta será  $100 \pm 2 \text{ cm}^2$ , por lo que sabemos que el área verdadera estará ente 98 y  $102 \text{ cm}^2$ .

Sin embargo, este tipo de medidas puede acarrear una suma de errores importantes, por eso se dice que en las medidas indirectas no sabemos el error, a diferencia con las directas. A dicha transmisión de errores de las magnitudes conocidas a las calculadas indirectamente se le suele llamar propagación de errores.

### ***ERROR RELATIVO***

El error relativo nos da la calidad de la medida. Se considera que es aceptable cuando es menor del 3 %, así que cuanto más pequeño mejor calidad. El error relativo vendría determinado por la fórmula:

$$Er = Ea / \mathcal{X}, \text{ donde}$$

$Ea$  = error absoluto

$\mathcal{X}$  = valor de la medida

Por ejemplo: si cometemos un error absoluto de un metro al medir la longitud de un estadio de fútbol de 100 m y también un metro al medir la distancia Santiago-Madrid 600.000 m, el error relativo será  $1/100$  para la medida del estadio y  $1 / 600.000$  para Santiago-Madrid. Mucha más calidad en la segunda medida.

### **Ejercicio 1**

*Mide el volumen de una esfera de sensibilidad  $10^{-1}$  y  $R = 2'72$  cm.*

Sensibilidad =  $0'1$  mm

$Ea = 27'2 \text{ mm} \pm 0'1 \text{ mm}$

$Er < 0'1 / 27'0 = 0'0037 * 100 = 0'37 \% \approx 0'4 \%$

**Ejercicio 2**

Calculad  $E_a$  y  $E_r$  en la medida de  $R$  y el volumen de una esfera con su  $E_a$  y su  $E_r$ .

Tenemos que:  $V = 4/3 \pi R^3$

Operaciones:

$$V = 4/3 * 3,14 * (27,2)^3 = 84251,006... \text{mm}^3 \approx 8,4 * 10^4 \text{mm}^3$$

$$dV = 4/3 d\pi R^3 + 4/3 \pi 3 R^2 dR$$

$$dV/V = [(4/3 d\pi R^3)] / [V + (4 \pi R^2 dR) / V]$$

$$dV/V = d\pi/\pi + 3 dR/R$$

$$dV/V = 0,001/3,1416 + 3 * 0,1/27,2$$

$$dV/V = 0,01106$$

$$E_a = dV = 8,4 * 10^4 * 0,01106 = 929,04$$

$$E_r = 929,04/8,4 * 10^4 = 0,01106 * 100 = 1,106 \%$$

**Ejercicio 3**

Calculad el error de la  $E_p$  de un guisante situado en la cima del Everest, sabiendo que el  $E_a = 0,1 \text{ m/s}^2$  y  $g = 9,8 \text{ m/s}^2$

Tenemos que:  $E_p = m * g * h$

$m = 1$  ya que consideramos despreciable la masa del guisante

Operaciones:

$$E_p = 9,8 * 8800 = 86240 \text{ J} \approx 86000 \text{ J}$$

$$dE_p/E_p = dg/g + dh/h$$

$$dE_p = (0,1/9,8 + 100/8800) * 86000$$

$$dE_p = 1854,823748 \text{ J}$$

$$E_p = 86000 \text{ J} \pm 1854,8 \text{ J}$$

$$E_r = 1854,8/8600 = 0,02156... * 100 = 2 \%$$

**DETERMINACIÓN DE LA VELOCIDAD**Fórmula de Lorentz

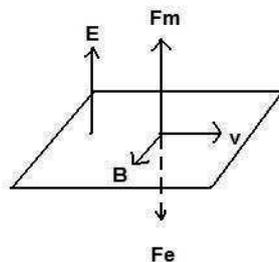
Una partícula cargada que está en una región donde hay un campo eléctrico, experimenta una fuerza igual al producto de su carga por la intensidad del campo eléctrico.

$$F_m = qV * B, \text{ donde sabemos que:}$$

si la carga es positiva experimenta una fuerza en el sentido del campo, si es negativa en sentido contrario. Si el campo es uniforme, la fuerza es constante y también lo es la aceleración. Aplicando las ecuaciones del movimiento rectilíneo uniformemente variado, obtenemos la velocidad de la partícula en cualquier instante o después de haberse desplazado una determinada distancia.

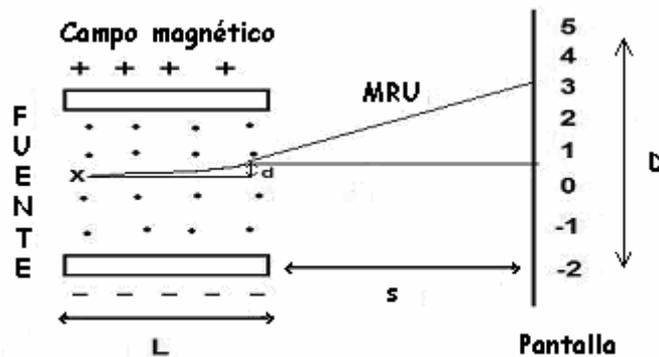
$$[E] = \text{N/C}; [B] = \text{T (Tesla)} \rightarrow [B] = [F] / ([q][V]) = 1\text{N}/1\text{Cms}^{-1} \text{ S.I.}$$

- Tenemos:
- movimientos de partículas cargadas en un campo E
  - movimientos de partículas cargadas en un campo B



El campo magnético B es de 1 Tesla (1 Gauss  $\equiv 10^{-4}$  Tesla) cuando una carga eléctrica de 1C que se mueve a la velocidad de 1m/s está sometida a una carga de 1N.

Una carga eléctrica se mueve con velocidad V desconocida a lo largo del eje horizontal "x". Las intensidades y los sentidos de los campos eléctrico y magnético hacen que la partícula se mueva a lo largo del eje "x" sin desviarse, por lo que la desviación nula se alcanzará cuando ambas fuerzas (eléctrica y magnética) sean iguales y de sentido contrario.

**DETERMINACIÓN DE LA CARGA/MASA**

- Ejemplo de pantalla. Se mide L, D y s.

Ecuación del movimiento fuera del condensador

- Movimiento rectilíneo uniforme (trayectoria recta)

$$\text{En } x: \text{MRU} \rightarrow V_x = V_x = Vt$$

$$\text{En } y: \text{MRU} \rightarrow V_y = A_y (L/V) \quad y = Vyt$$

Ecuación del movimiento dentro del condensador

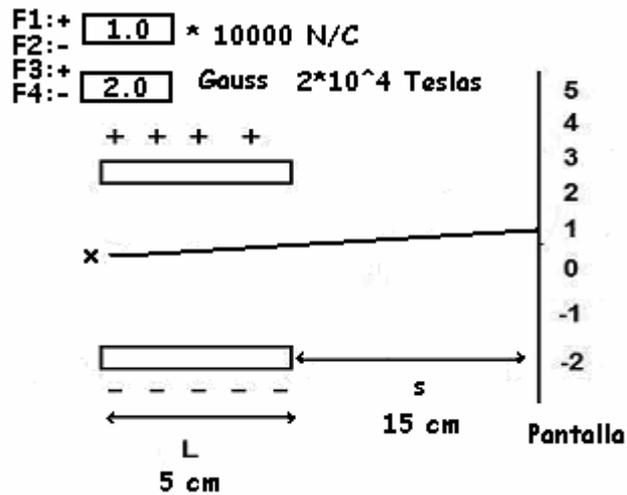
- Movimiento parabólico (trayectoria parábola)

$$\text{En } x: \text{MRU} \rightarrow F_x = 0 \quad A_x = 0 \quad V_x = 0 \quad x = vt$$

$$\text{En } y: \text{MRUA} \rightarrow F_y = Eq \quad A_y = E(q/m) \quad V_y = A_y t \quad y = \frac{1}{2} A_y t^2$$

**Ejercicio 1**

Calcúlese la desviación de la salida del condensador en la pantalla y halla el valor medio  $V$ :



- Ejemplo de pantalla.

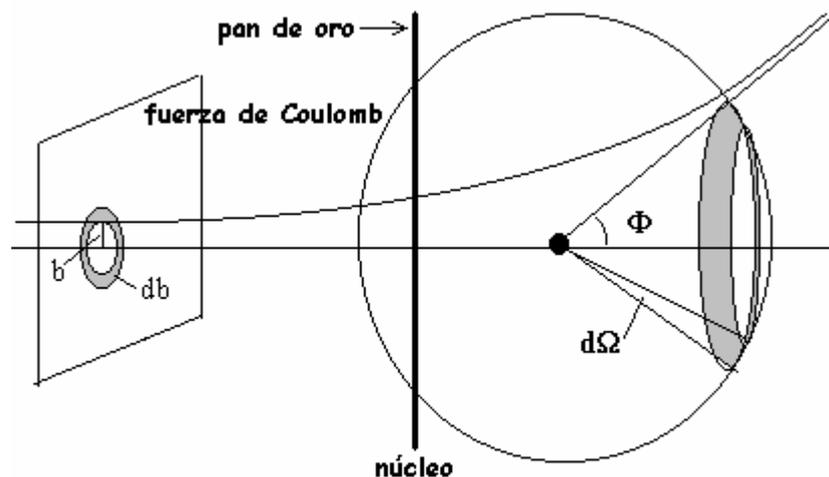
E	B	V
$2'0 * 10^4$	$5'0 * 10^{-4}$	$4'00 * 10^7 \pm \epsilon$
$2'5 * 10^4$	$6'4 * 10^{-4}$	$3'91 * 10^7 \pm \epsilon$
$3'5 * 10^4$	$11'5 * 10^{-4}$	$3'34 * 10^7 \pm \epsilon$
$4'5 * 10^4$	$14 * 10^{-4}$	$3'11 * 10^7 \pm \epsilon$
$5'5 * 10^4$	$24 * 10^{-4}$	$2'82 * 10^7 \pm \epsilon$
$9'5 * 10^4$	$32'9 * 10^{-4}$	$2'45 * 10^7 \pm \epsilon$
$12'9 * 10^4$	$56 * 10^{-4}$	$2'15 * 10^7 \pm \epsilon$

**NÚCLEO ATÓMICO**

El conocimiento del átomo ha tenido un desarrollo muy lento, ya que la gente se limitaba a especular sobre él. Demócrito fue el primero en afirmar que la materia está compuesta por átomos, y que estos eran indivisibles. Por su parte, Dalton, en 1803, lanzó su teoría atómica de la materia. En ella decía que todos los elementos que se conocen están constituidos por átomos. A partir de este momento la física se centra en el estudio del átomo. En 1906 J.J. Thomson supuso que Dalton estaba equivocado porque el átomo estaba compuesto de electrones y no era tan indivisible como parecía, así es que propuso este modelo atómico, también llamado “tarta de pasas”:



A medida que la tecnología iba avanzando, el estudio del átomo se abría camino con más facilidad. El modelo de J.J. Thomson era incierto, ya que no explicaba los espectros ópticos de los elementos químicos. A principios del siglo XX, Rutherford lanzó la primera teoría sobre la estructura del átomo. En ella decía que los electrones giraban alrededor del núcleo como si fuera un sistema solar en miniatura. Su experimento, llamado también “Experimento de Scattering”, consistía en utilizar un material radiactivo de partículas alfa, y estudiaba la desviación que sufrían estas partículas al atravesar un átomo sobre una delgada lámina de pan de oro:

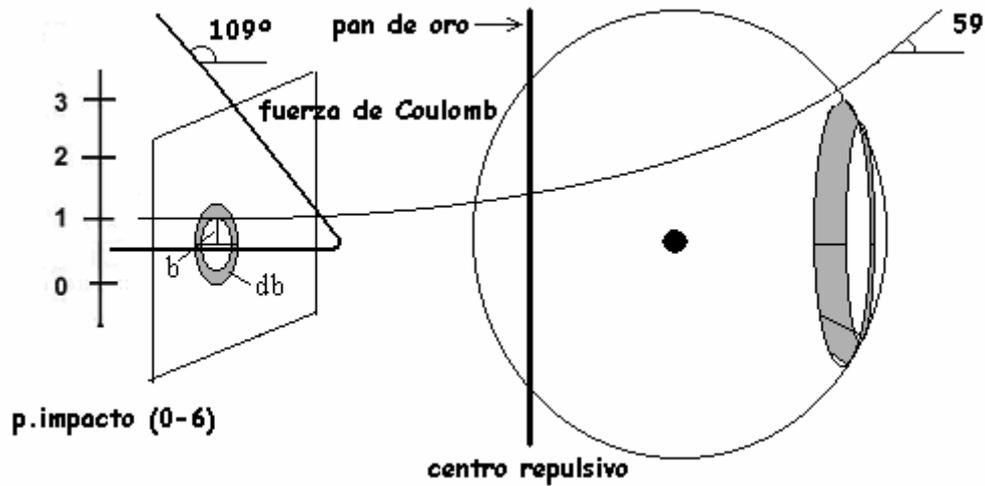


**b:** parámetro de impacto (longitud)

**$\Phi$ :** ángulo de dispersión

**Ejercicio 1**

*Dispersión de una partícula por una fuerza central repulsiva:*



*¿Por qué una atraviesa la pantalla y la otra no si tienen igual energía cinética?*

Porque una de ellas está más cerca del centro repulsivo y por lo tanto la desviación que sufre es mayor que la otra.

**SIMULACIÓN DEL EXPERIMENTO DE RUTHERFORD**

Rutherford trabajó con núcleos del cobre y de la plata, ya que estos se pueden laminar y tienen una forma muy fina. Utilizando la plata, tenemos que:

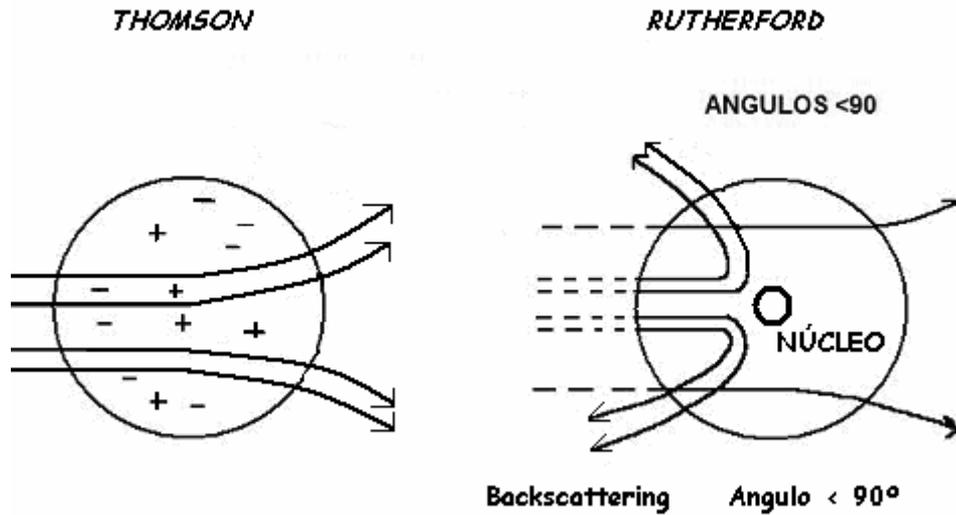
Energía MeV: 8,0

Nº de partículas contabilizadas: 1073

0	10	20	30	40	50	60	70	80
998	47	9	5	2	2	2	1	1
90	100	110	120	130	140	150	160	170
	1		2		1	1		

La primera fila representa todas las partículas con un ángulo mayor que 90°, y la segunda las partículas con un ángulo menor que 90°, que son partículas con backscattering, es decir, partículas dispersadas hacia atrás.

Comparación del modelo de Thomson y Rutherford



Lo que en un primer momento se espera es que se produzca lo del modelo de Thomson, pero en realidad lo que ocurre es lo del modelo de Rutherford. Gracias a esto podemos llegar a la conclusión de que debe existir algo en el átomo muy pequeño que produce el backscattering.

Nº de partículas: 1049

Energía MeV: 10.0

0	10	20	30	40	50	60	70	80
998	30	10	3	2	1	1		
90	100	110	120	130	140	150	160	170
1			1	1				

PLATA

**Ejercicio 2**

¿Por qué ahora hay menos partículas?

Porque teniendo en cuenta que  $\rightarrow F_m \Delta t = \int F dt \equiv m(V_f - V_o) = \Delta p$ , si aumentamos la velocidad de las partículas,  $\Delta t$  disminuye y por consiguiente disminuye  $p$ . Así cuando se aumenta la energía, el número de partículas hacia atrás disminuye.

Disminuyendo el número de partículas de plata, obtenemos:

**Nº de partículas: 1140**

**Energía MeV: 5.0**

0	10	20	30	40	50	60	70	80
998	92	24	10	4	3	3	3	
90	100	110	120	130	140	150	160	170
					1		1	

***PLATA***

**Nº de partículas: 1100**

**Energía MeV: 7.0**

0	10	20	30	40	50	60	70	80
998	73	8	3	2	4	3	1	2
90	100	110	120	130	140	150	160	170
1	1		1	1	1			

***PLATA***

Con esto deducimos que la repulsión es mayor cuanto mayor es el número atómico del blanco utilizado. Por eso si se utiliza el cobre, que tiene un número atómico inferior al de la plata, pasa lo siguiente:

**Nº de partículas: 1046**

**Energía MeV: 8.0**

0	10	20	30	40	50	60	70	80
998	34	3	3					1
90	100	110	120	130	140	150	160	170
			1				1	

***COBRE***

**Nº de partículas:** 1035

**Energía MeV:** 10.0

0	10	20	30	40	50	60	70	80
998	24	5	1	3			1	
90	100	110	120	130	140	150	160	170
1				1				

**COBRE**

**Nº de partículas:** 1614

**Energía MeV:** 1.0

0	10	20	30	40	50	60	70	80
998	394	90	40	24	15	9	7	3
90	100	110	120	130	140	150	160	170
8	2	3	2	2	6	5	3	

**COBRE**

Puesto que al disminuir la energía disminuye la velocidad, el tiempo de vuelo aumenta, llegando así las partículas más al centro y aumentando el backscattering.

Ejercicio 3

Realiza una gráfica teniendo en cuenta su ángulo de dispersión y el parámetro de impacto.

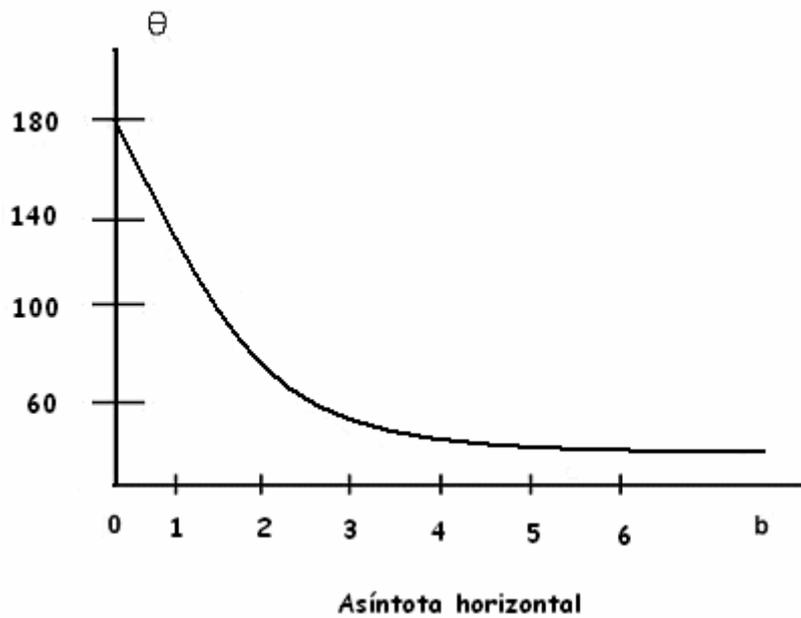
Nº de pares de datos: 10

Energía partícula alfa : 5 MeV

Parámetro de impacto

Ángulo de dispersión

0'5	.....	109
1	.....	69
1'5	.....	49
1	.....	37
2'5	.....	30
1	.....	24
3'5	.....	20
1	.....	17
1	.....	13
1	.....	10



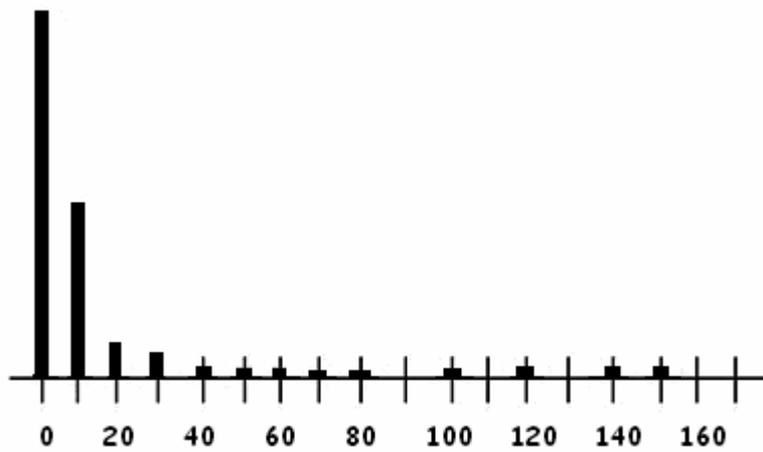
**Ejercicio 4**

Realiza una gráfica teniendo en cuenta el ángulo del contador y el número de cuentas.

Ángulo del contador

Nº de cuentas

0	.....	998
10	.....	7
20	.....	9
30	.....	5
40	.....	2
50	.....	2
60	.....	2
70	.....	1
80	.....	1
90	.....	0
100	.....	1
110	.....	0
120	.....	2
130	.....	0
140	.....	1
150	.....	1
160	.....	0



Histograma de barras

De todos estos experimentos llegó a la conclusión de que casi toda la masa del átomo está contenida en un espacio inferior a  $10^{-14}$  metros de diámetro, siendo toda la carga positiva la que está concentrada en dicho espacio, de tal modo que las partículas que rebotaban chocaban con la parte positiva del átomo. Estas partículas pasaban sin desviarse excepto en algunos casos, y solamente una de cada mil rebotaba.

Con esta teoría atómica echó por tierra el modelo atómico de Thomson, puesto que con ella no podía explicar el backscattering.

### ***MODELO ATÓMICO DE RUTHERFORD***

Como ya hemos dicho anteriormente, el núcleo atómico tiene un tamaño aproximado de  $10^{-14}$ , y es el lugar donde se encuentra toda la carga positiva. Los electrones giran alrededor del núcleo, bastante lejos de él puesto que el tamaño del átomo es cerca de  $10^{-10}$  m. Los tamaños aproximados del átomo son, por una parte, el núcleo mide alrededor de  $10^{-13}$  m, y por otra parte el átomo mide alrededor de  $10^{-8}$  m, con lo que podemos afirmar que el átomo es  $10^5$  más grande que el núcleo.

#### **Ejercicio 5**

*¿De dónde se saca esta relación?*

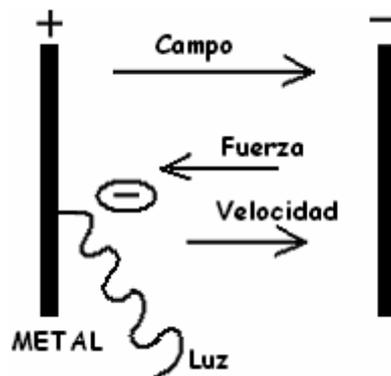
De los huecos donde no han incidido partículas sobre la pantalla. Es decir, al lanzar partículas alfa sobre una pantalla, inciden sobre ésta, ya que no han sido desviadas hasta producirse el backscattering, de tal modo que vemos huecos en la pantalla donde no inciden, y comparándolo con el resto, este hueco es muy pequeño, por lo que podemos deducir que corresponde al núcleo.

**EFECTO FOTOELÉCTRICO**

El efecto fotoeléctrico consiste en la emisión de electrones por un material cuando se le ilumina con radiación electromagnética (luz visible o ultravioleta, en general).

Los fotones de luz tienen una energía característica determinada por la longitud de onda de la luz. Si un electrón absorbe energía de un fotón y tiene mayor energía que la necesaria para salir del material y que su velocidad está bien dirigida hacia la superficie, entonces el electrón puede ser extraído del material. Si la energía del fotón es demasiado pequeña, el electrón es incapaz de escapar de la superficie del material. Los cambios en la intensidad de la luz no cambian la energía de sus fotones, tan sólo su número y por lo tanto la energía de los electrones emitidos no depende de la intensidad de la luz incidente. Si el fotón es absorbido, parte de la energía se utiliza para liberarlo del átomo, y el resto contribuye a dotar de energía cinética a la partícula libre.

El experimento consiste en un cristal que encierra al aparato en un espacio vacío donde la luz incide sobre una placa metálica y libera electrones llamados fotoelectrones. Puede ocurrir que sean atraídos por otra placa metálica produciendo una corriente como consecuencia de la diferencia de potencial.



Para analizar el efecto fotoeléctrico utilizando el método derivado por Einstein es necesario plantear las siguientes ecuaciones:

→ Energía de un fotón absorbido = Energía necesaria para liberar 1 electrón + energía cinética del electrón emitido:

$$hf = hf_0 + \frac{1}{2}mv_m^2,$$

que puede escribirse también como:

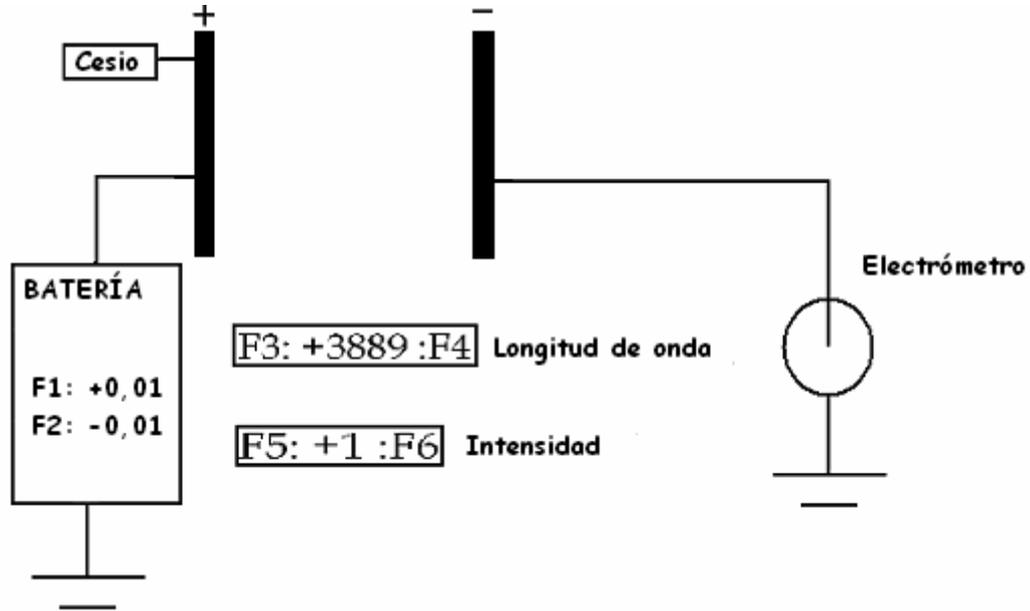
$$hf = \phi + E_k, \text{ donde}$$

$h$  es la constante de Planck,  $f_0$  es la frecuencia de corte o frecuencia mínima de los fotones para que tenga lugar el efecto fotoeléctrico,  $\phi$  es la función de trabajo, o mínima energía necesaria llevar un electrón del nivel de Fermi al exterior del material y  $E_k$  es la máxima energía cinética de los electrones que se observa experimentalmente. Si la energía del fotón ( $hf$ ) no es mayor que la función de trabajo ( $\phi$ ), ningún electrón será emitido.

**ESPECTROS DE EMISIÓN DE METALES Y GASES**

<u>Argón</u>	<u>Mercurio</u>	<u>Helio</u>	<u>Cinc</u>	<u>Hidrógeno</u>	<u>Cobre</u>
4044	3126	3889	3036	4861	3248
4158	3650	4026	6103	6563	5153
4191	5461	5876			5218
4198	5770	6678			5700
4200	5790	7065			

En nuestro caso usaremos el cesio para producir corriente. Si el metal no se ilumina, entonces no habrá corriente.

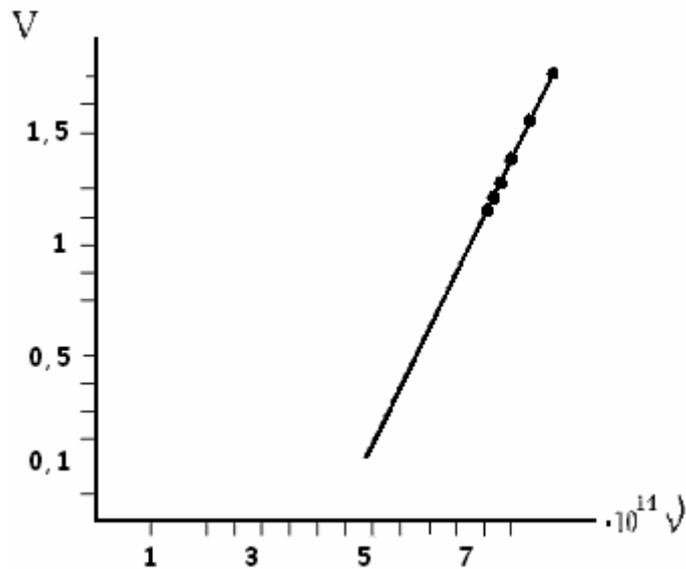


La intensidad es el número de fotones que inciden sobre la superficie del metal en cada unidad de tiempo, de tal forma que si aumentamos la intensidad, aumentamos también el número de electrones. En el caso del efecto fotoeléctrico, si la intensidad es nula, los electrones no salen de la placa puesto que el metal no se ilumina, de todas formas, en este efecto fotoeléctrico no se tiene en cuenta la intensidad.

**Ejercicio 1**

Construye la recta y halla la pendiente y la ordenada en el origen.

Frecuencia =  $c/\lambda \rightarrow c = 3 \cdot 10^8$ (m/s)  
 $\lambda_1 = 3650 \text{ \AA} = 3'65 \cdot 10^{-7}$  (m)  $\rightarrow 1'52$ (V)  
 $\lambda_1 = 3889 \text{ \AA} = 3'89 \cdot 10^{-7}$  (m)  $\rightarrow 1'32$ (V)  
 $\lambda_1 = 4026 \text{ \AA} = 4'03 \cdot 10^{-7}$  (m)  $\rightarrow 1'20$ (V)  
 $\lambda_1 = 4158 \text{ \AA} = 4'16 \cdot 10^{-7}$  (m)  $\rightarrow 1'10$ (V)  
 $\lambda_1 = 4191 \text{ \AA} = 4'19 \cdot 10^{-7}$  (m)  $\rightarrow 1'08$ (V)

Gráfica

Frecuencia(Hz)	V(voltios)
$8'22 \cdot 10^{14}$	1'52
$7'71 \cdot 10^{14}$	1'32
$7'45 \cdot 10^{14}$	1'20
$7'22 \cdot 10^{14}$	1'10
$7'16 \cdot 10^{14}$	1'08

**Ejercicio 2**

Halla el trabajo de extracción del cesio.

$$\Phi = [(h/e) \cdot f - V] / e$$

$$\Phi = 3,01 \text{ J} = 1,88 \text{ eV}$$

**Ejercicio 3**

Si cambiáramos a un metal cualquiera de la lista anterior ¿podríamos dibujar una recta para este metal? ¿Serían paralelas? Si la respuesta es afirmativa, ¿por qué?

Sí, sería una recta paralela puesto que su pendiente tiene el mismo valor que las del resto de metales.

**Ejercicio 4**

*¿Qué es la nube de carga?*

Es casi todo el volumen del átomo, donde los electrones, que constituyen la masa externa, determinan las propiedades de los átomos y nos ayuda a conocer la estructura atómica.

**Ejercicio 5**

*¿Por qué el cátodo queda cargado negativamente?*

Porque recibe un exceso de electrones y por consiguiente se queda cargado negativamente.

**Ejercicio 6**

*¿Cómo varía el número de electrones emitidos cuando sube la intensidad de la luz monocromática utilizada?*

Al incrementar la intensidad de la radiación, la energía cinética de los electrones extraídos también se incrementaría, pero esto no es así, ya que además dicha extracción no depende solamente de la intensidad de la luz incidente.