

EXPERIMENTO B: PRINCÍPIO DA INCERTEZA

Nº USP: 9788350 -

INTRODUÇÃO:

O princípio da incerteza de Heisenberg estabelece que uma partícula pode estar submetida a variáveis complementares como momento linear e posição, o qual impede que, no modelo da mecânica quântica, tenhamos suas condições iniciais.

Na mecânica quântica utilizamos do fator experimental, o qual necessita de instrumentos puestos durante medições. E condições iniciais aleatórias, que tornam o procedimento submetido à incerteza, o que não podemos determinar a natureza ondulatória e corpuscular do eletro ao mesmo tempo.

Não existe um sistema no qual podemos encontrar as duas grandezas que são dependentes entre si.

A julia a este experimento é estudar o experimento que deu a origem ao princípio da incerteza através do espalhamento de elétrons em uma fenda de difração e observar seu comportamento em uma chapa fotográfica. No nosso experimento utilizaremos pacotes de pulsos de forte mecânica (autofalante e diapasão) e ondas eletromagnéticas (luminosa, por difração).

METODOLOGIA:

Através do forte sonar e eletromagnéticas observamos o princípio da incerteza Heisenberg para um sistema de fenda simples.

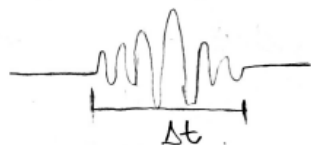
Utilizamos de um gerador conectado a alto-falante e coletamos o som transferido em um computador para leitura digital.

Para t a duração de um pulso de ondas em uma faixa de frequência f . Obtemos assim, um arquivo de dados sonar que nos forneceram o sinal de amplitude e através de uma transformação

de Fourier, conseguiremos analisar os pacotes de energia e o princípio da incerteza associada à ele.



Com um gerador à frequência de 200Hz e o microfone, registremos a amplitude para um pacote de ondas de aproximadamente 1s e fazemos um gráfico da amplitude em função do tempo do modo a obter o comprimento deste pacote de ondas.



Este pacote de ondas é formado de duas ondas periódicas em fase no instante inicial. Substituindo um número infinito de frequências:

$\Delta f \Delta t = 1$. Ao multiplicarmos por h :
 sendo h a constante de Planck:

$$h \Delta f \Delta t = h$$

Usamos a equação de de Broglie: $\lambda = \frac{h}{p} \Rightarrow p = \frac{h}{\lambda}$ e a Relação de Einstein: $E = h\nu$,

tornou-se possível a relação do princípio da incerteza válido para energia e tempo:

$$\textcircled{1} \left| \Delta E \cdot \Delta t \geq \frac{h}{2} \right| \text{ sendo } \left| h = \frac{h}{2\pi} \right|$$

Desta maneira, obter os valores de frequência e amplitude de onda para diversos tempos de pacotes de onda.

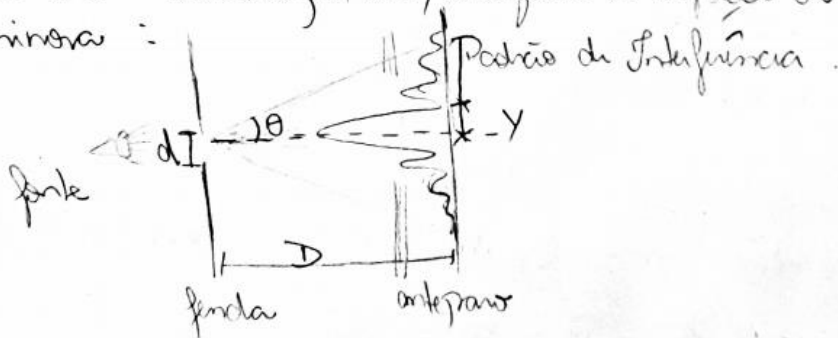
Calcularmos num pacote, com a transformada de Fourier o maior pico de amplitude para que calculássemos a largura do meio pacote de forma que era largura aparente finicamente o desvio de frequência no novo sinal que inicialmente devia se manter em 200 Hz.

Obter este desvio para calcular ΔE :

$$E = h \cdot f \rightarrow \Delta E = h \cdot \Delta f \rightarrow \Delta f = \frac{\Delta E}{h} \quad (2)$$

Com o valor de produto $\Delta E \Delta t$ conseguimos formular o princípio da incerteza condicionando esse valor para que seja maior ou igual a $\hbar/2$.

Da mesma maneira, fazer este procedimento para o difração, entulando, fixar um valor de comprimento do pacote de onda e variar os difratores para que variássemos as frequências. Para ondas eletromagnéticas, utilizamos a difração de uma fonte luminosa:



Difração de 1º ordem simpli: $d \cdot \sin \theta = n \cdot \lambda \Rightarrow n = 1$

$d \cdot \sin \theta = \lambda$, para θ pequeno

$\sin \theta \approx \tan \theta$

$$e \cdot \sin \theta = \frac{y}{D} \Rightarrow d \cdot \sin \theta = \lambda$$

$$d \cdot \frac{y}{D} = \lambda \Rightarrow y = \frac{\lambda D}{d}$$

$$\text{Como } p_y = \frac{h}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{h}{p_y} \Rightarrow \left| p_y = \frac{h D}{d y} \right| \quad (3)$$

Como $y = \frac{\Delta y}{2}$ a largura do meio banda neste caso.

Dado para problema também estabelecer uma relação linear entre y e d :

$$\left| d = \frac{\lambda \cdot D}{y} \right| \quad (4)$$

onde problema contém um

gráfico de $d \times y$ sendo d a abertura do fenda e y a metade do abertura do máximo de difração. Sendo D a distância

determinar λ do sódio através do coeficiente angular.

A maioria dos fótons incide no máximo do espectro de difração. Durante a difração, os fótons incidem na direção x , portanto se dispõem em x .



Com isso, a incerteza em y , Δy determina a incerteza em p_y através da equação (3):

$$\left| \Delta p_y = \frac{h \cdot D}{d \cdot \Delta y} \right| \quad (5)$$

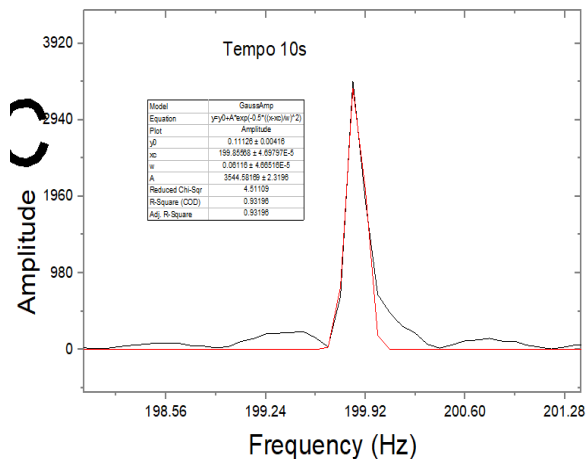
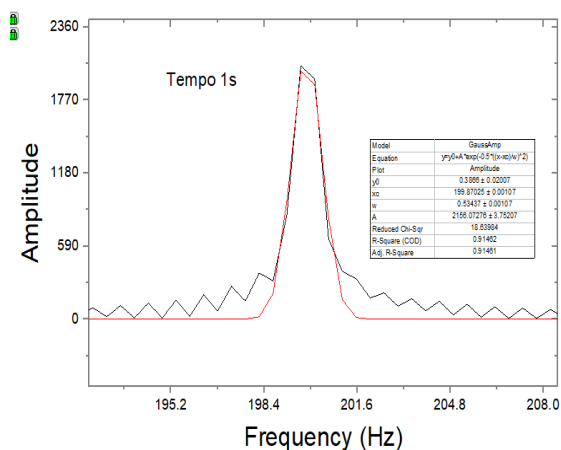
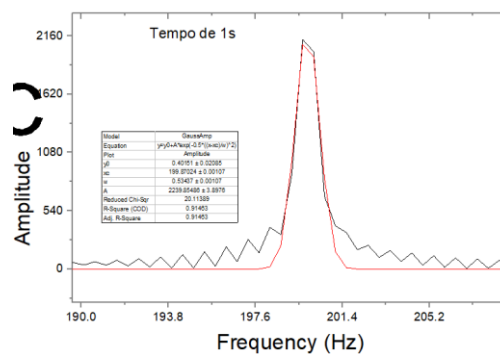
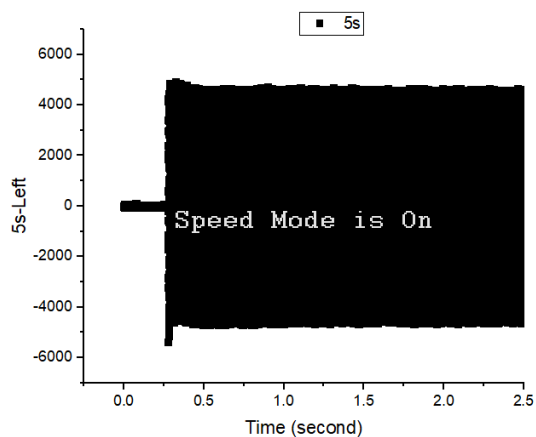
e a incerteza em x está associada à abertura do fenda, Δx , uma vez que a localização do sódio foi provocada pela abertura do fenda.

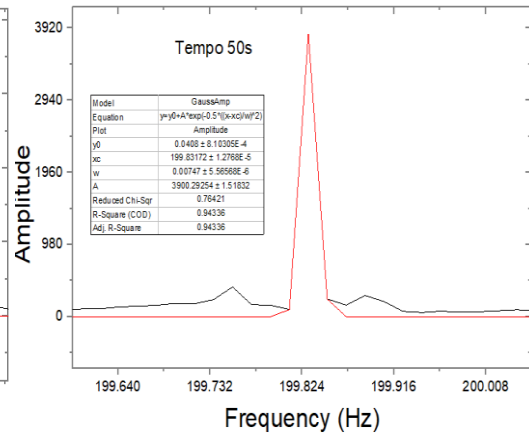
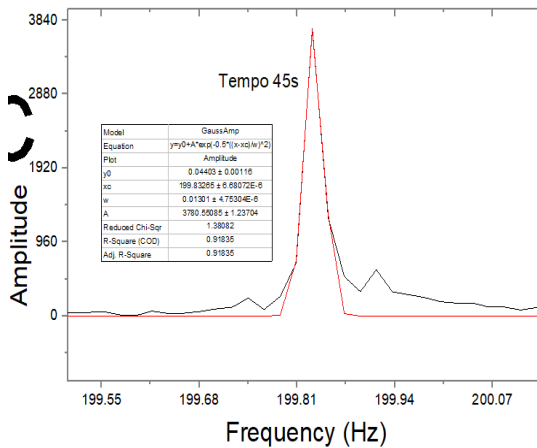
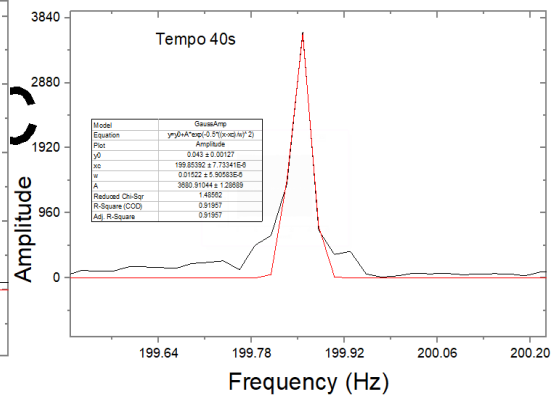
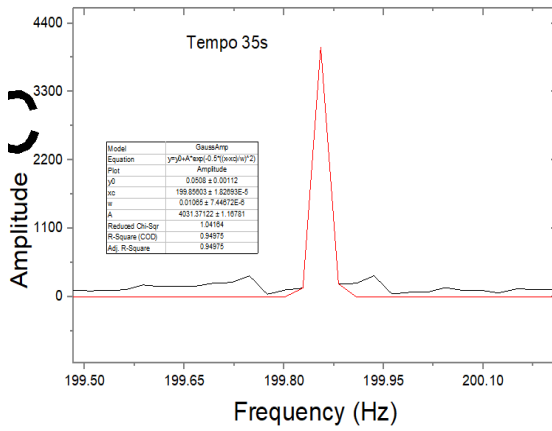
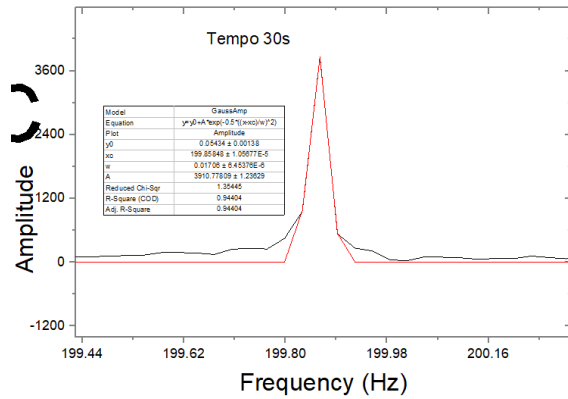
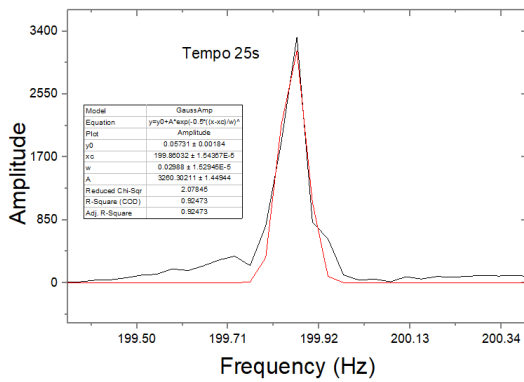
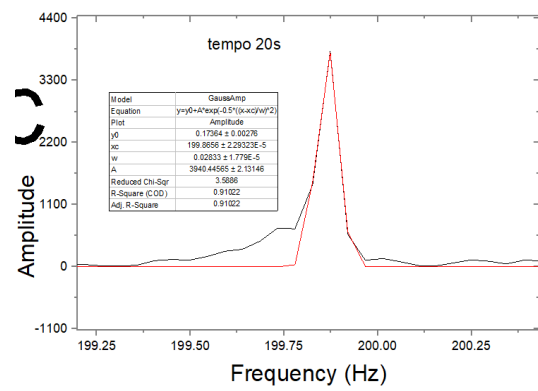
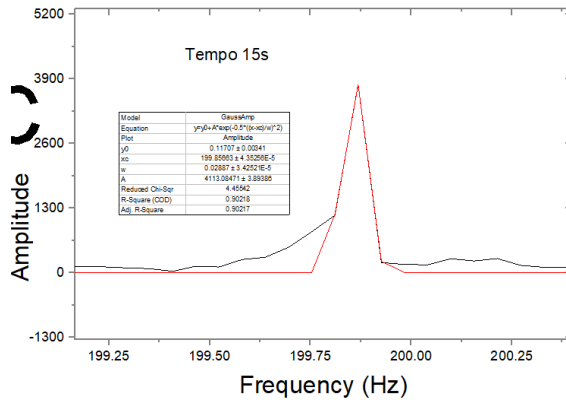
Com isso, temos a incerteza do momento e trajetória:

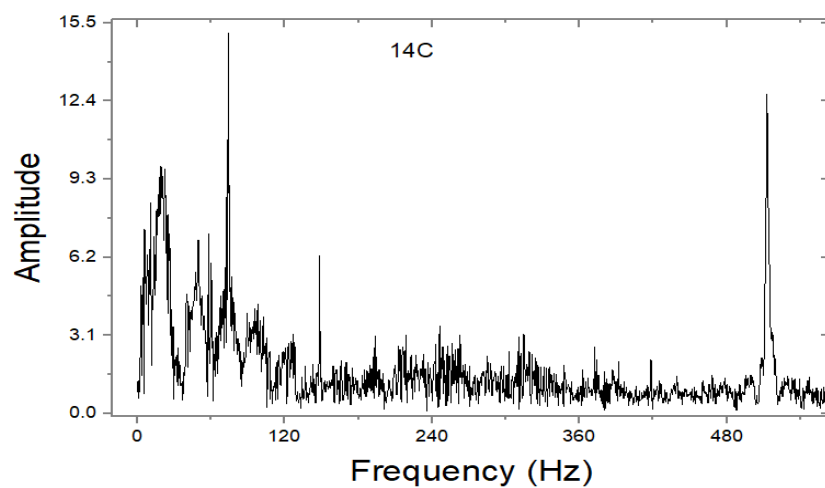
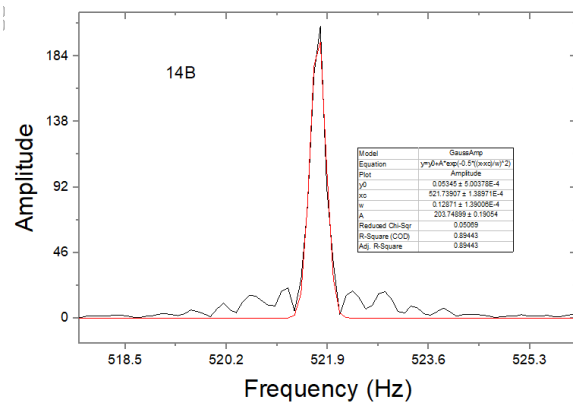
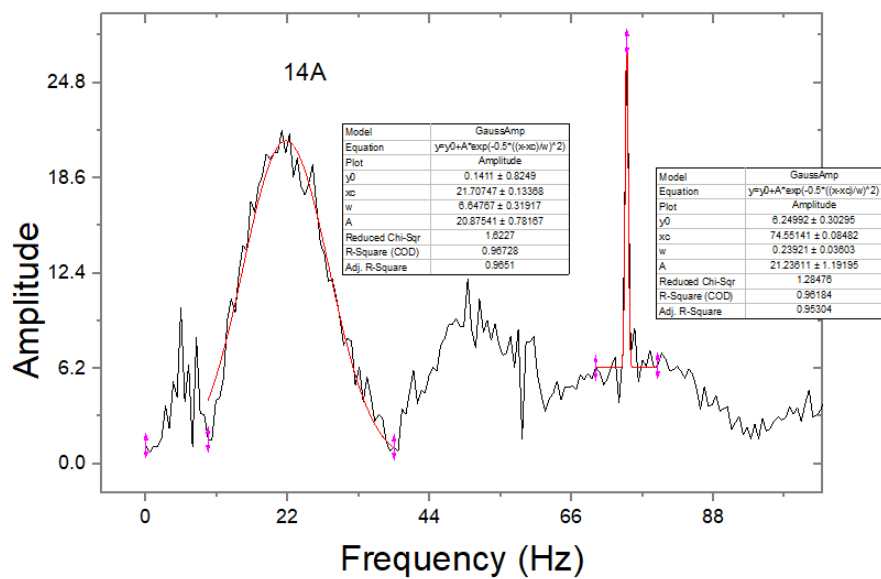
$$|\Delta p_y \cdot \Delta y \geq \frac{h}{2}| \text{ (6)}$$

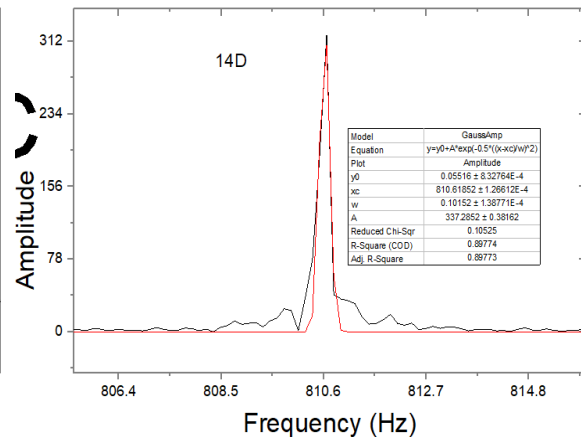
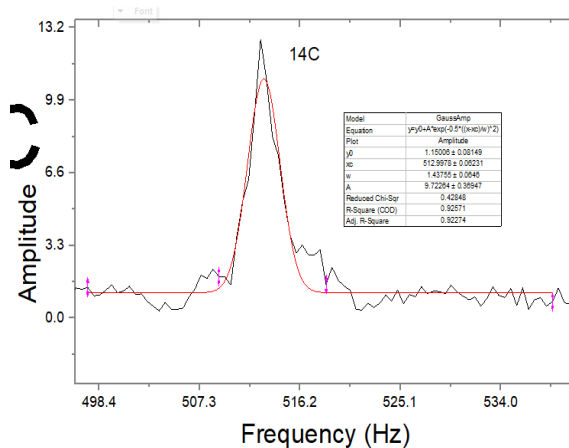
RESULTADOS e DISCUSSÕES:

Inicialmente obtemos a fitura do pacote de pulso obtida pelo auto pulso e com a ajuda do Software Origin, aplicamos a transformação de Fourier e ajustamos as curvas a equação na função de Lorentz, que mais se aproximam do perfil para determinar a largura do banda do pico de frequência analisado.







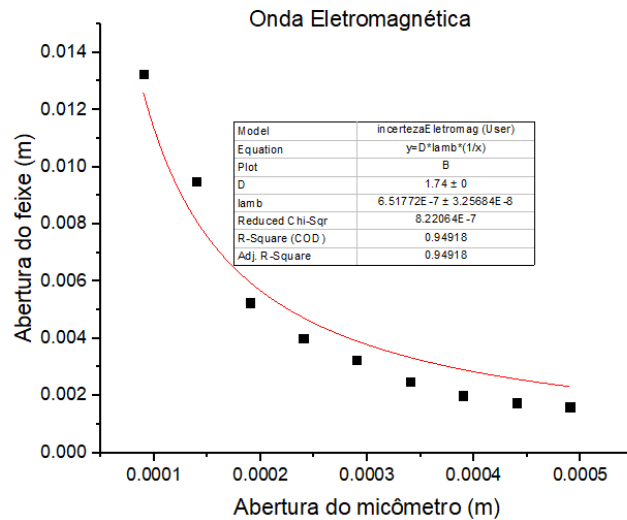


			6.628E-34	1.06E-34	Cst. Planck			
f inicial (hz)	200	Tempo de coleta variável, f constante						
Pacote de pulso (s)	Delta t (s)	f (Hz)	Largura de banda	Delta E	$\Delta E \cdot \Delta t$	$\hbar/2$	Desvio (> t= 1)	
1	1.1	199.87	0.534	3.539E-34	3.893E-34	5.29E-35	7.367	
5	1.11	199.87	0.53	3.513E-34	3.899E-34	5.29E-35	7.378	
10	10.78	199.85	0.061	4.043E-35	4.358E-34	5.29E-35	8.247	
15	15.81	199.85	0.028	1.856E-35	2.934E-34	5.29E-35	5.552	
20	20.564	199.86	0.028	1.856E-35	3.816E-34	5.29E-35	7.221	
25	27.06	199.86	0.029	1.922E-35	5.201E-34	5.29E-35	9.842	
30	31.656	199.85	0.017	1.127E-35	3.567E-34	5.29E-35	6.749	
35	36.72	199.85	0.01	6.628E-36	2.434E-34	5.29E-35	4.605	
40	41.445	199.85	0.015	9.942E-36	4.12E-34	5.29E-35	7.797	
45	46.52	199.83	0.013	8.616E-36	4.008E-34	5.29E-35	7.584	
50	52.166	199.83	0.007	4.64E-36	2.42E-34	5.29E-35	4.580	
Pacote de pulso diapasão	f variável e t tempo de coleta constante							
	Delta t (s)	f (Hz)	Largura de banda	Delta E	$\Delta E \cdot \Delta t$	$\hbar/2$	Desvio (> t= 1)	
14A	0.067	74.55	0.23	1.524E-34	1.021E-35	5.29E-35	0.193	
14B	3.99	521.73	0.128	8.484E-35	3.385E-34	5.29E-35	6.405	
14C	0.21	512.9	1.43	9.478E-34	1.99E-34	5.29E-35	3.766	
14D	5.78	810.61	0.1015	6.727E-35	3.888E-34	5.29E-35	7.358	

Para as ordens eletromagnéticas, construímos o gráfico $d \times \Delta y$ e obtemos o ajuste com um coeficiente angular $\lambda = 651 \text{ nm}$, satisfatório uma vez que o laser utilizado neste experimento era vermelho, na mesma faixa do espectro.

Com os dados obtidos de d e y , montamos a tabela que nos forneceu o valor de $\Delta y \Delta p_y$.

Os valores se mostraram satisfatórios, uma vez que sua maioria obedecia à relação $\Delta y \Delta p_y \geq \frac{\hbar}{2}$ exceto às posições 6, 7 e 8.



Pacote difração onda eletrom	d (m)	D(m)	y(m)	$\Delta p(y)$	$\Delta p(y) \cdot \Delta y$	$\Delta I/I$	Desvio ($> I = 1$)
1	0.00009	1.74E+00	0.0265	3.40E-31	9.00E-33	5.29E-35	170.269
2	0.00014	1.74E+00	0.019	1.57E-31	2.97E-33	5.29E-35	56.269
3	0.00019	1.74E+00	0.0105	6.37E-32	6.69E-34	5.29E-35	12.662
4	0.00024	1.74E+00	0.008	3.84E-32	3.08E-34	5.29E-35	5.819
5	0.00029	1.74E+00	0.0065	2.58E-32	1.68E-34	5.29E-35	3.179
5	0.00034	1.74E+00	0.005	1.70E-32	8.48E-35	5.29E-35	1.605
6	0.00039	1.74E+00	0.004	1.18E-32	4.73E-35	5.29E-35	0.895
7	0.00044	1.74E+00	0.0035	9.17E-33	3.21E-35	5.29E-35	0.608
8	0.00049	1.74E+00	0.0032	7.53E-33	2.41E-35	5.29E-35	0.456

CONCLUSÃO :

Consegui verificar o princípio da Incerteza para as fontes de ondas mecânicas e eletromagnéticas e com isso obtenho a eficiência nos métodos de difração das ondas experimentais propostos por Heisenberg.

BIBLIOGRAFIA :

- Rotinas experimentais
- Heisenberg, Robert. "Física Quântica".