

- Falta discussão de incertezas  $(-10) \pm 75\%$
- Usar LINEST  $(-10) \pm 75\%$
- Gráficos Resíduos  $(-5)$

Atividade 8B - Experiência de Franck-Hertz e determinação da energia de ionização do xênon

Enunciado  
resultados

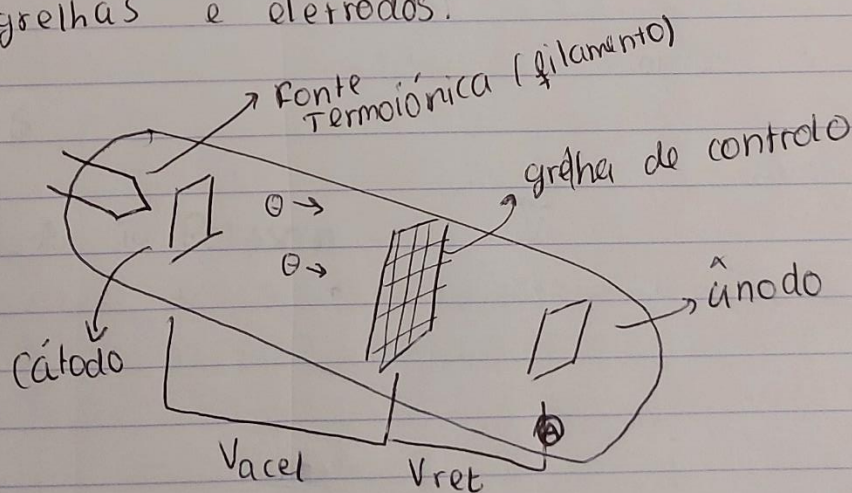
### Objetivos:

- Análise do funcionamento de uma válvula preenchida com gás xênon a baixa pressão
- Determinação experimental das energias de excitação e ionização do átomo de xênon

### Introdução:

Não repetir protocolo

- O principal elemento da montagem consiste numa válvula preenchida com um gás de xênon, dentro da qual existe um filamento e um conjunto de grelhas e eletrodos:



- o filamento aquece uma placa (cátodo).
- o cátodo aquecido é uma fonte de elétrons os quais são produzidos a um ritmo que depende da temperatura

- os elétrons libertados são acelerados pela diferença de potencial ( $V_{acel}$ ).
- Após a grelha de controle, existe o ânodo com um potencial mais baixo (inferior)  $V_{ret}$ , que retarda os elétrons
- Para que os elétrons consigam atingir o ânodo, necessitarão de uma energia cinética superior à do campo elétrico entre a grelha e o ânodo. o efeito é o de um filtro de elétrons para o ânodo, pelo que a corrente elétrica à saída da válvula dependerá de  $V_{ret}$ ,  $V_{acel}$  e da capacidade de gerar elétrons
- Na propagação do feixe de elétrons ao longo da válvula poderão ocorrer colisões com os átomos de Xénon e eventualmente trocas de energia
- com os potenciais elétricos certos, os elétrons são acelerados com energias suficientes para transitar de nível energético:

Processos:

- Excitação (saltar para um nível superior)
- Ionização (libertar-se do átomo)

Só interessa ao atom o que precisa para a exp.



## Energia de excitação do átomo de xénon

- Franck e Hertz propuseram uma experiência que permite verificar que:
  - É possível excitar átomos por bombardeamento com eletrões de baixa energia
  - A energia transferida dos eletrões para os átomos tem valores discretos.
  - Os valores obtidos para a energia estão de acordo com as riscas obtidas por espectroscopia
- Ao aplicar-se a diferença de potencial  $V_{acel}$ , os eletrões libertados no cátodo são acelerados em direção da grelha de controlo.  
Energia cinética na grelha:  $E_{cin} = e V_{acel}$   
↳ carga do eletrão

$$E_{cin} < E_1 - E_0$$

- os eletrões só poderão perder energia através de colisões elásticas com os eletrões do gás.
- A perda de energia não é considerável, detetando-se uma corrente através do ânodo

$$E_{cin} \geq E_1 - E_0$$

- As colisões tornam-se ~~elásticas~~ inelásticas, havendo transferência de energia dos eletrões do feixe para os eletrões de xénon
- Estes eletrões deixam de contribuir para a corrente no ânodo que irá diminuir
- Continuando a aumentar  $V_{acel}$  os eletrões que perderam energia nos choques voltam a ~~estar~~ estar acelerados e provocam novas excitações no átomo de xénon

## Estudo da ionização de átomos de xénon

- Ao aumentar o  $V_{acel}$ , a energia cinética dos elétrons vai acabar por ser igual ou superior a energia de ionização do átomo de xénon
- O potencial retardador ( $V_{ret}$ ) será suficientemente alto para retardar os elétrons do feixe enquanto os átomos ionizados continuam a ser acelerados, que contribuirão para a corrente
- A energia de ionização obtém-se determinando o potencial de aceleração para o valor nulo da corrente de ionização utilizando a expressão:

$$E_i = |e \cdot V_{acel} - \limiar|$$

## Execução do Trabalho

### Montagem

- montagem integrada (onde está a válvula com o gás de xénon e circuitos elétricos de interligação)
- fontes de tensão: 6.3 V<sub>AC</sub>, 12 V<sub>DC</sub>, 24 V<sub>DC</sub> e 100 V<sub>DC</sub>
- 3 multímetros para medição de correntes e tensões (modelo)

ver imagens  
do protocolo

Procedimento 1 → energia de excitação

### Selecionar $1\text{ mm}$

- ~~temos de selecionar~~ a experiência 1 no painel
- colocar a corrente de aquecimento no valor máximo ~~na~~ ler corrente de aquecimento ( $\text{valor?}$ )
- ~~variar~~ o potencial acelerador e registrar a corrente e a tensão eida no amperímetro e voltímetro

O que fez! Não é que deve fazer.

Procedimento 2 → energia de ionização

- selecionar  $1\text{ mm}$  a experiência 2
- regular a corrente de aquecimento pa  $0,46\text{ A}$
- variar o potencial acelerador e registrar a corrente (~~após a tensão~~) que atravessa a válvula



□ aumentar tensões no local onde está o xenon □

## Medições

Montagem 1 corrente de aquecimento  
- 0,52 mA; ~~0,52~~

montagem 2 corrente de aquecimento  
- 0,46 mA

V (V)	I (mA)	V (V)	I
-1,074	0,0030	0,191	3,28
-0,042	0,0713	1,240	3,26
1,126	0,3159	2,804	3,36
2,173	0,4835	4,244	3,34
3,263	0,4674	5,617	3,24
4,591	0,3666	6,979	3,27
5,444	0,3155	7,979	3,27
5,563	0,3103	9,854	3,28
5,852	0,2989	9,870	3,30
6,078	0,2917	11,653	3,31
6,399	0,2817	12,913	4,82
6,433	0,2826	13,516	9,37
6,739	0,2769	13,796	14,12
7,046	0,2730	14,219	31,59
7,218	0,2694	14,680	54,44
7,388	0,2708	15,396	87,34
7,796	0,2705	16,127	119,18
8,148	0,2718	17,156	162,11
8,182	0,2687	18,075	0,1982 mA
8,514	0,2745	19,435	0,2510 mA
9,027	0,2805	21,31	0,3228 mA
9,300	0,2847		
9,952	0,2921		
10,809	0,3109		
10,975	0,3146		

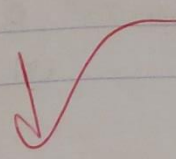
Na representação gráfica, não se utilizo um eixo

μA

mudança de escala

mudança de escala  
20V → 200V

escala: 20V ; 2mA



## Gráficos

$$E_{cin} = e V_{acel}$$

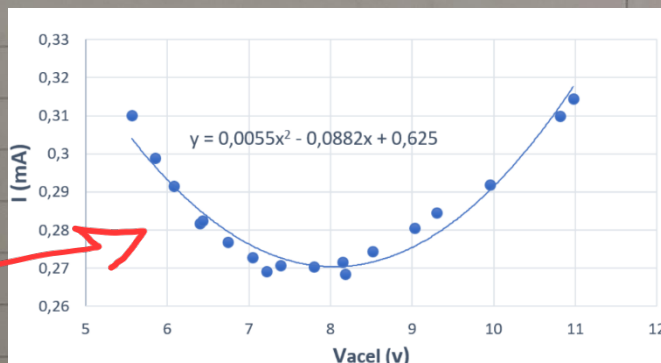
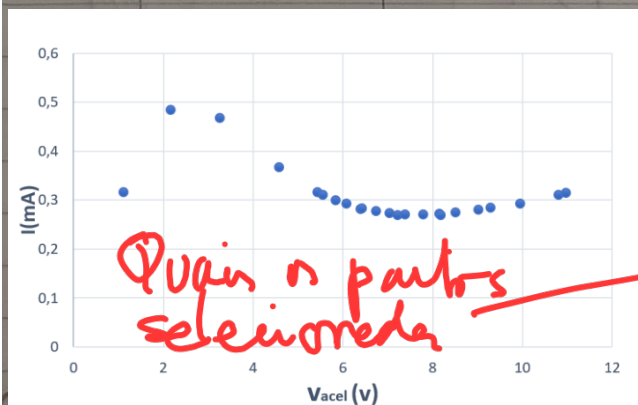
estudo gráfico dos resultados obtidos para determinar a primeira energia de excitação



Objetivo: Determinar o mínimo

→ utilizar um ajuste polinomial de 2º grau

→ derivar a expressão do ajuste ( $=0$  e obter o mínimo)



Usar Linest não deixa de tendência  
Justificar as colhas.  
Gráfico Resíduos.

Derivada: da aproximação polinomial entre 5 - 12

$$\begin{aligned} I' &= 2 \cdot 0,0055 V_{acel} - 0,0882 \\ &= 0,011 V_{acel} - 0,0882 \end{aligned}$$

mínimo:  $0,011 V_{acel} - 0,0882 = 0$

$\Rightarrow V_{acel} = 8,01 \text{ V} //$

energia de  
excitação  
8,01 eV  
incerteza



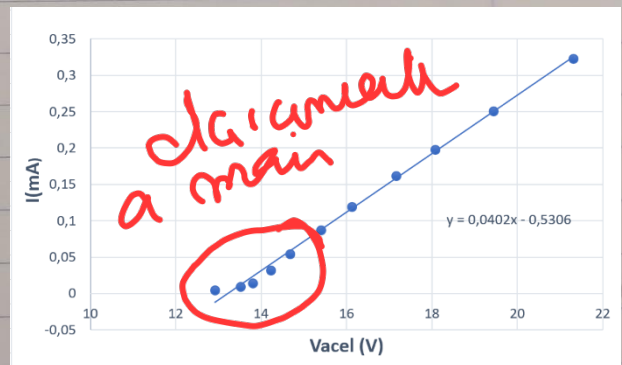
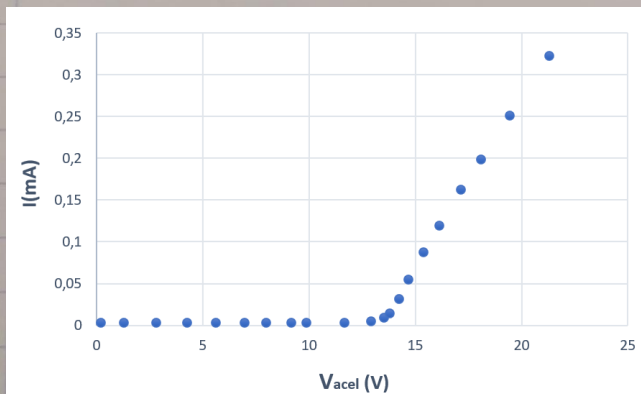
Estudo gráfico dos resultados obtidos para determinar a energia de ionização do xenon

→ A partir do momento que os eletrões do feixe tem aproximadamente a energia correspondente ao 1º nível de ionização:

$$E_i = |e \cdot V_{acel} - \text{eliminar}|$$



fazer ajuste linear  
e ~~igualar a zero~~  
igualar a zero



Resíduos

Usar LINEST

Ajuste linear:  $I = 0,0402 V_{acel} - 0,5306$

$$0,0402 V_{acel} - 0,5306 = 0$$

$$\Rightarrow V_{acel} = 13,199 \text{ V} //$$

energia de Ionização: 13,199 eV //

→ Incerteza

Discussão





