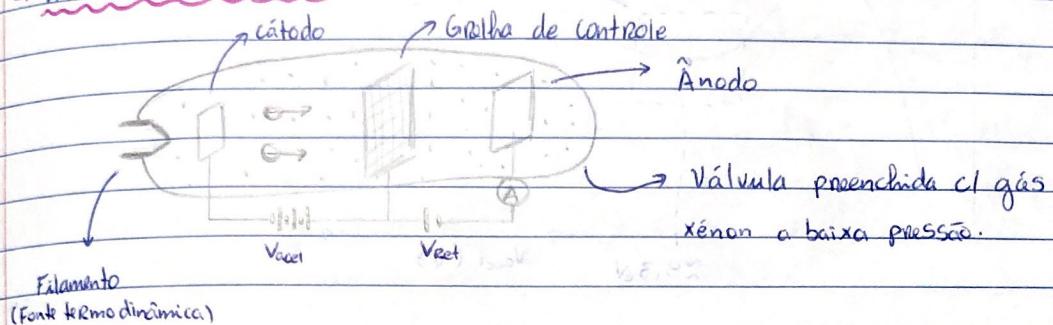


TRABALHO 8B: EXPERIÊNCIA DE FRANCK-HERTZ E DETERMINAÇÃO DA ENERGIA DE IONIZAÇÃO DO XÉNON:

Maria do Pilar de Gomes Teixeira - PL8 - G6

INTRODUÇÃO TEÓRICA:



cátodo: fonte de elétrons

Ânodo: receptor de elétrons

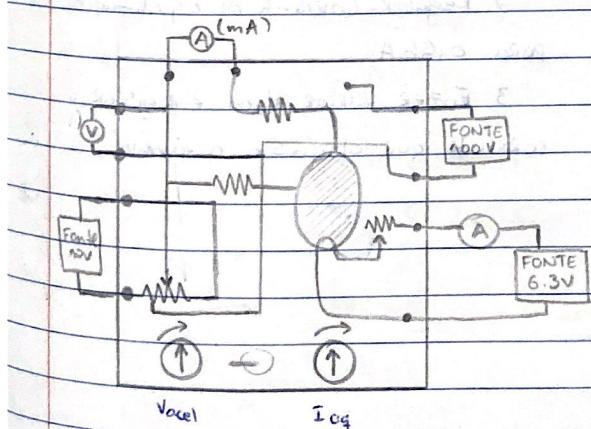
OBJETIVOS:

- Análise do funcionamento de uma válvula preenchida com gás xénon a baixa pressão
- Determinação experimental de energias de ionização e excitação do átomo de xénon através da experiência de Franck-Hertz.

EXECUÇÃO EXPERIMENTAL:

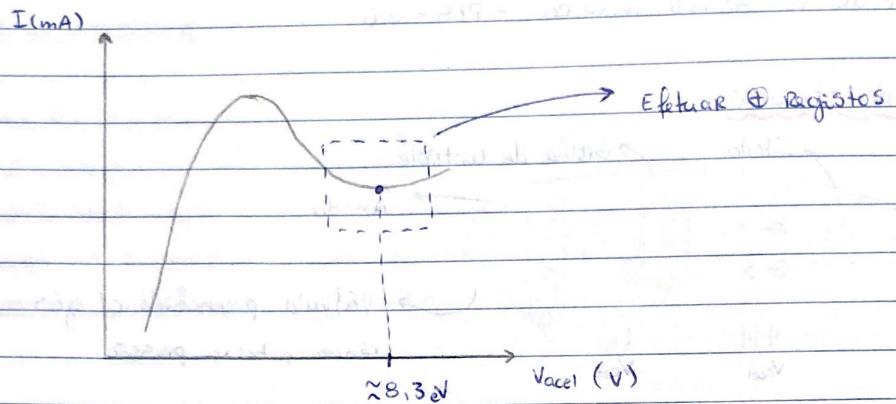
EXPERIÊNCIA 1:

NOTA: Ligar inicialmente A e V para estabilizarem.



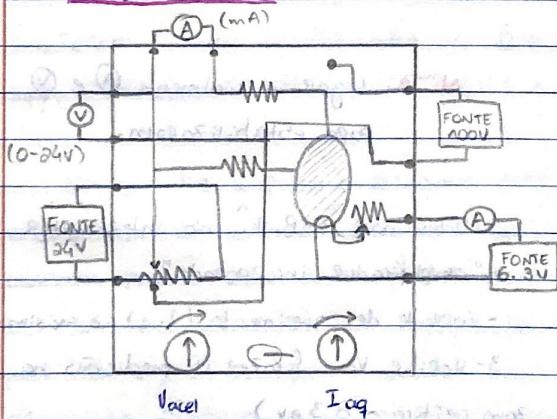
- 1- Selecionar "EXP. 1" no interruptor e "amplificador incorporado".
- 2- Corrente de aquecimento (I_{aq}) no máximo
- 3- Variar V_{acet} (fazer 4 medições na zona crítica ~ 8.3 eV)

Com os dados obtidos deverá ser possível obter o gráfico seguinte de ~~EXP. 1~~
I em função de V_{acel}:



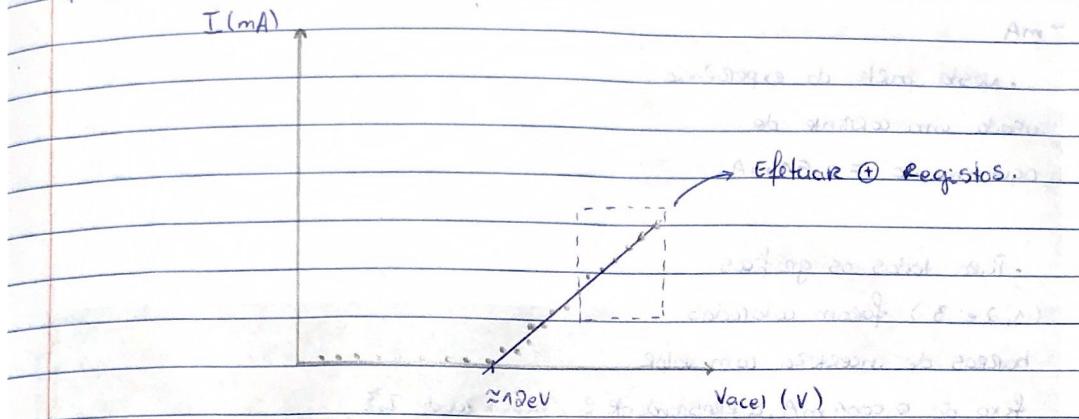
- Antes do pico ($E_c < V_{acel}$) os e^- emitidos pelo cátodo colidem elasticamente com os e^- de xénon.
- Quando é atingido o pico, $E_c = V_{acel}$.
- Depois do pico ($E_c > V_{acel}$) os e^- emitidos pelo cátodo colidem inelasticamente com os e^- de xénon e deixam de contribuir para a corrente elétrica no ânodo, pelo que esta desce.
- O ~~registo~~ ^{mínimo} registado no gráfico corresponde à 1ª energia de excitação do Xénon ($\approx 8,3 \text{ eV}$).

- EXPERIÊNCIA 2:



1. Selecionar "EXP. 2" no interruptor
2. Regular Corrente de ag. (I_{ag}) para $0,46 \text{ A}$
3. Fazer variar V_{acel} e registrar a corrente que atravessa a válvula.

com os dados obtidos deverá ser possível obter o gráfico seguinte de I em função de V_{acel} :



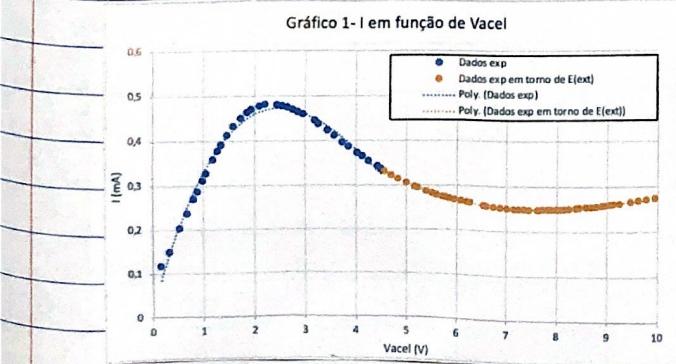
- A 1ª energia de ionização obtém-se determinando o potencial de aceleração para o valor nulo da corrente de ~~aparecimento~~ ionização (potencial de aceleração límicio).

João Júnior

A \rightarrow grafar

→ ANÁLISE DE DADOS E DISCUSSÃO DE RESULTADOS:

- EXPERIÊNCIA:



$\pm 0,001$

$\pm 0,0001$

V _{exc} (V)	I (mA)
0,161	0,1182
0,33	0,1501
0,533	0,2045
0,673	0,2378
0,800	0,270
0,878	0,2869
0,981	0,3113
1,048	0,3275
1,184	0,3586
1,279	0,3789
1,341	0,3915
1,457	0,4129
1,584	0,4326
1,729	0,4504
1,856	0,4628
1,932	0,4694
2,094	0,4777
2,205	0,4817
2,443	0,4806
2,545	0,4781
2,647	0,4745
2,749	0,4701
2,852	0,4650
2,954	0,4594
3,192	0,4454
3,260	0,4371
3,431	0,4232
3,567	0,4119
3,736	0,3969
3,853	0,3875
4,023	0,3738
4,125	0,3656
4,247	0,3557
4,433	0,3432
4,502	0,3376
4,570	0,3325
4,707	0,3234
4,843	0,3155
4,996	0,3061
5,167	0,2973
5,218	0,2947
5,389	0,2874
5,508	0,2825
5,595	0,2792
5,712	0,2755
5,781	0,2738
5,849	0,2714
5,951	0,2693
6,087	0,2657
6,19	0,2633
6,258	0,2619
6,53	0,2565
6,601	0,2549
6,734	0,2533
6,872	0,2522
7,008	0,251
7,144	0,2498
7,231	0,2495
7,349	0,2488
7,451	0,2483
7,615	0,2481
7,856	0,2485
7,723	0,2488
7,826	0,2493
7,895	0,2495
7,997	0,2498
8,065	0,2496
8,134	0,25
8,236	0,251
8,372	0,2518
8,44	0,2528
8,577	0,254
8,68	0,255
8,782	0,2561
8,885	0,2572
8,953	0,258
9,055	0,2595
9,124	0,2605
9,25	0,2623
9,465	0,2658
9,625	0,2685
9,773	0,2711
9,944	0,274
10,012	0,2756

TABELA 1: Dados experimentais

Com a gama experimental escolhida na tabela

foi feito um ajuste, tendo-se obtido os

resultados da tabela 3. A partir destes

construiu-se a continuação da tabela 1 seguinte.

Gráfico 2 - Ajuste dos dados em torno da Energia de Excitação

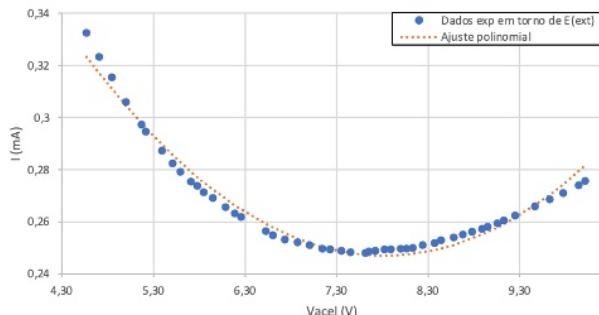


Tabela 2 - Dados em torno de E (excitação)	
Equação curva de ajuste	$y = 0,0072x^2 - 0,113x + 0,69$
Derivada	$y = 0,0144x - 0,113$
Mínimo ($y' = 0$) (eV)	7,85
Valor teórico (eV)	8,3
Erro (%)	5%

RESULTADOS FINAIS:

$$E = 0,0144x - 0,113$$

$$\Leftrightarrow n = 7,85$$

Foi gravado um vídeo durante a recolha dos dados, tendo estes sido, posteriormente, registados a partir ~~do mesmo~~, com intervalos de, aproximadamente, 10 segundos entre cada.

Tabela 3		
Valor	a	b
Incerteza	0,0002	0,003
R ²	0,98	0,00310298
	1029,77246	46
	0,01983031	0,00044291

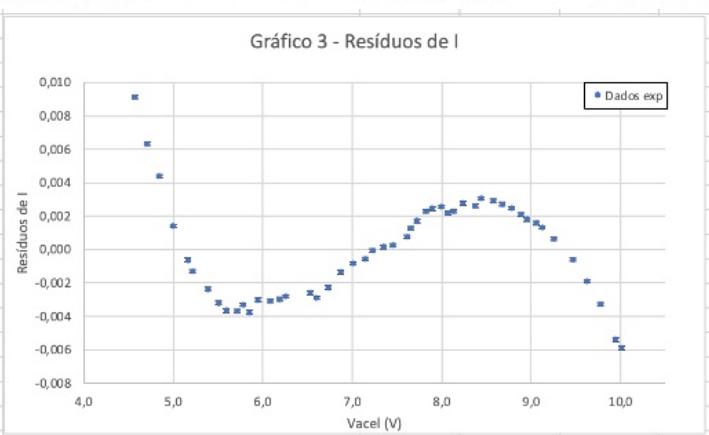
Ajuste	Resíduos
0,3234	0,0091
0,3171	0,0063
0,3111	0,0044
0,3047	0,0014
0,2979	-0,0006
0,2960	-0,0013
0,2898	-0,0024
0,2857	-0,0032
0,2828	-0,0036
0,2792	-0,0037
0,2771	-0,0033
0,2751	-0,0037
0,2723	-0,0030
0,2688	-0,0031
0,2663	-0,0030
0,2647	-0,0028
0,2591	-0,0026
0,2578	-0,0029
0,2556	-0,0023
0,2536	-0,0014
0,2518	-0,0008
0,2503	-0,0005
0,2495	0,0000
0,2486	0,0002
0,2480	0,0003
0,2473	0,0008
0,2472	0,0013
0,2471	0,0017
0,2470	0,0023
0,2470	0,0025
0,2472	0,0026
0,2474	0,0022
0,2477	0,0023
0,2482	0,0028
0,2492	0,0026
0,2497	0,0031
0,2511	0,0029
0,2523	0,0027
0,2536	0,0025
0,2551	0,0021
0,2562	0,0018
0,2579	0,0016
0,2592	0,0013
0,2617	0,0006
0,2664	-0,0006
0,2704	-0,0019
0,2744	-0,0033
0,2794	-0,0054
0,2815	-0,0059

de I

I - Ajuste de I

→ Continuação da Tabela n (ajuste feito através dos dados da tabela 3).

A partir destes dados de ajuste foi construído o ajuste visível no gráfico 2.



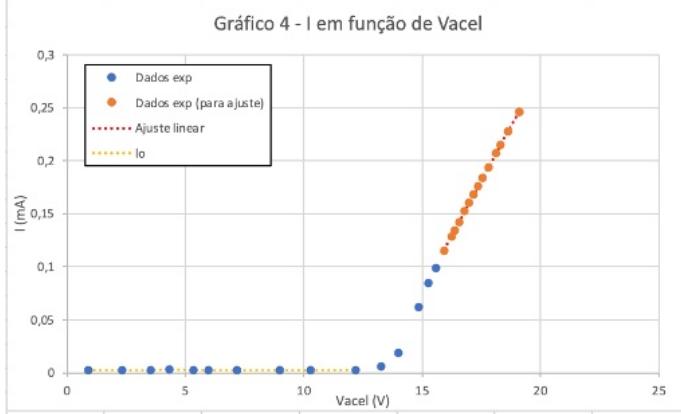
• Verificamos, a partir do gráfico 3, que apesar de os resíduos serem relativamente baixos e próximos em torno de zero, estes apresentam uma grande tendência oscilatória. Isto pode ser consequência da ocorrência de alguns erros durante a realização da experiência.

- EXPERIÊNCIA 2:

A corrente de aquecimento utilizada neste parte foi de 0,46 A.

V_{acel} (V)	$u(V_{acel})$ (V)	I (mA)	$u(I)$ (A)	Ajuste de I	Resíduos de I
0,887		0,0027			
2,319		0,0027			
3,537		0,0027			
4,311		0,0030			
5,344		0,0027			
5,955		0,0026			
7,189		0,0027			
8,972		0,0027			
10,274		0,0027			
12,194		0,0028			
13,257		0,0062			
14,000		0,0191			
14,868		0,0618			
15,270	0,001	0,0846			
15,571		0,0988			
15,938		0,1153			
16,245		0,1284			
16,368		0,1340			
16,554		0,1420			
16,803		0,1526			
16,988		0,1604			
17,178		0,1684			
17,366		0,176			
17,556		0,1837			
17,810		0,1940			
18,128		0,2070			
18,324		0,2148			
18,643		0,2277			
19,099		0,2459			
19,098		0,2459			
		0,246612323			
		0,000712323			

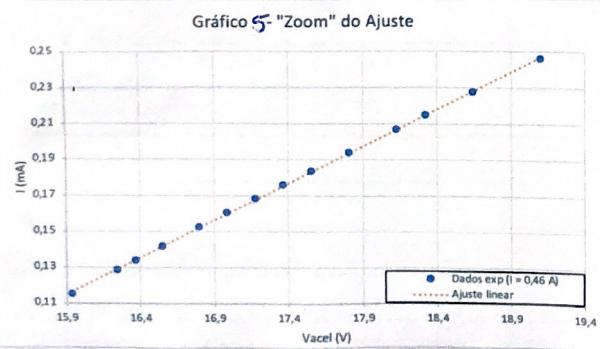
TABELA 4: Dados experimentais



Ajuste 2	Resíduos 2
0,1941	-0,0001
0,2069	0,0001
0,2148	0,0000
0,2276	0,0001
0,2460	-0,0001
0,2459	0,0000

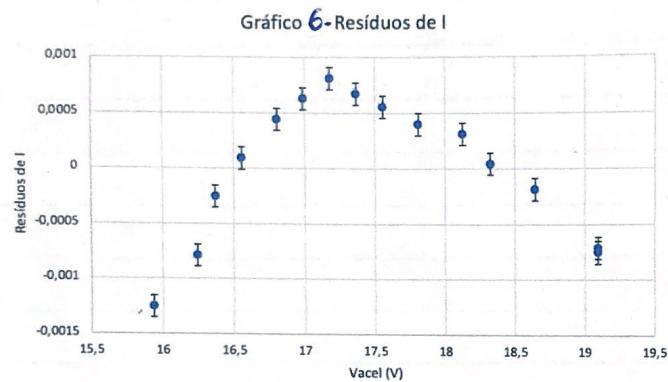
Tabela 5- Dados em torno de E_i

Valor teórico (eV)	12
Valor experimental (eV)	13,0
Erro (%)	8

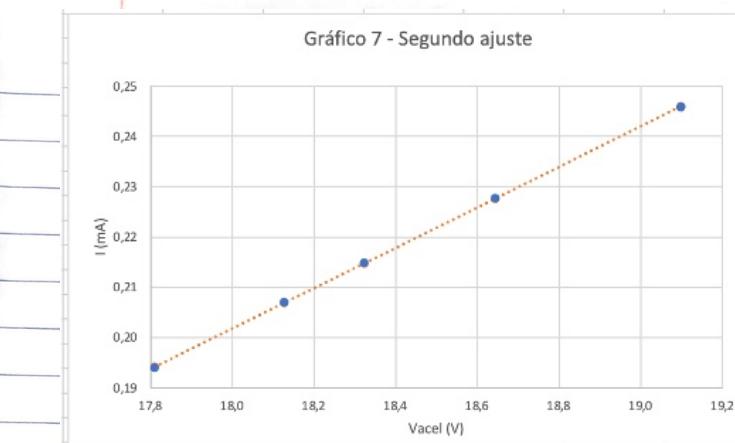


Matriz de ajuste

m	0,0412	-0,539	b
S_m	0,0002	0,003	S_b
r^2	0,9998	0,0007	S_v



→ Verificamos, a partir deste gráfico, que os resíduos apresentam valores baixos e próximos de zero. Contudo, é notável uma clara tendência quadrática nestes dados. Isto indica que, apesar dos erros relativamente baixos e de R^2 próximo de 1, a ~~avaliação~~^{experiência} terá sido influenciada pela ocorrência de alguns erros sistemáticos.



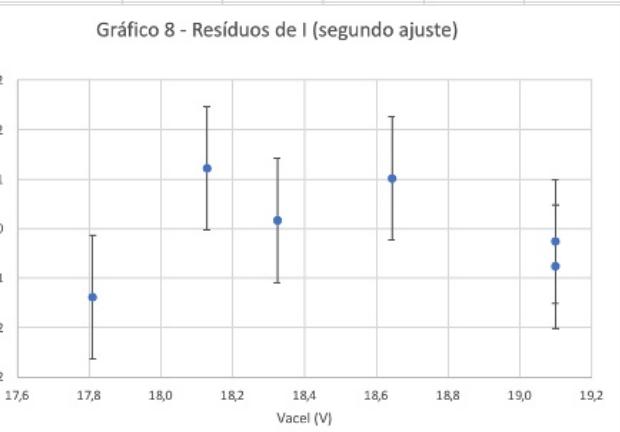
Matriz de ajuste ao gráfico 7		
m	0,0402	-0,522
S_m	0,0001	0,001
r^2	0,999985	0,0001
S_y		

• Como já foi referido anteriormente, notou-se uma forte tendência por parte dos resíduos representados no gráfico 6.

• Podemos, assim, concluir que a gama experimental inicialmente escolhida não terá sido a mais adequada.

• Desse modo, foi escolhida uma nova gama experimental, tendo sido feito um novo ajuste para a mesma.

• Verifica-se então, pela análise do gráfico 8, que após esta seleção os resíduos obtidos distribuem-se aleatoriamente, pelo que podemos concluir que esta última gama experimental já se ~~enquadra~~ adequa melhor à situação esperada com a realização da experiência.



• Concluímos ainda que, de maneira a ser obtido um melhor ajuste linear para esta parte da experiência, teria sido ideal a recolha de mais dados para a parte do gráfico correspondente a este ajuste. Assim, ao invés de apenas registrar dados até aproximadamente 19 V, deveriam existir dados experimentais até, possivelmente, 24 V (gerador de 0-24 V).

~~Para obter a Energia de ionização:~~

$$y = 0,0402x - 0,522 \rightarrow \text{para } y=0 \text{ temos:}$$

$$\frac{x}{0,0402} = \frac{0,522}{0,0402} = 12,99 \approx 13,0$$

Para o ~~cálculo~~ cálculo da incerteza:

$$u(E_i) = \frac{-b}{m} \rightarrow \text{ordenada na origem } (b = (-0,522 \pm 0,001))$$

↓
→ declive ($m = (0,0402 \pm 0,0001)$)

$$u(E_i) = \sqrt{\left(-\frac{1}{m}\right) \cdot u(b)^2 + \left(\frac{b}{m^2}\right) \cdot u(m)^2} = 0,04$$

RESULTADO FINAL:

$$(13,0 \pm 0,04) \text{ eV} \rightarrow \text{ERRO} (\gamma) = 8\%.$$

→ CONCLUSÕES e RESULTADOS FINAIS:

Verificou-se a natureza quântica da matéria, uma vez que os processos estudados (excitação e ionização) só ocorrem no átomo de xénio quando é fornecida uma quantidade definida de energia.

Obtiveram-se os seguintes resultados:

- experiência 1: Energia de Excitação = $(7,85 \pm 0,07) \text{ eV}$
 $\hookrightarrow \text{ERRO} (\gamma) = 5\%$

- experiência 2: Energia de ionização = $(13,0 \pm 0,08)$ eV
↳ ERRO (%) = 8%

→ QUESTÕES:

1.

$$E_{exc} = 8,3 \times (1,16 \times 10^{-19}) = 1,3 \times 10^{-18} \text{ J}$$

$$E_C = \frac{1}{2} m_e v^2 \Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 E_C}{m_e}} \quad \text{e } m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$$

$$\Rightarrow v = \sqrt{\frac{2 \times (1,3 \times 10^{-18})}{9,1 \times 10^{-31}}} \Rightarrow v \approx 1,7 \times 10^6 \text{ m/s}$$

Tendo - se obtido experimentalmente:

$$E_{exc} = 7,41 \times (1,16 \times 10^{-19}) = 1,18 \times 10^{-18} \text{ J (experimental)}$$

↳ Semelhante ao teórico ($= 1,3 \times 10^{-18} \text{ J}$)

2.

$$a = \frac{E_{exc}}{d \cdot m_e} \quad (m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}; d = 0,002 \text{ m}; E_{exc} = 1,3 \times 10^{-18} \text{ J})$$

$$\Rightarrow a = \frac{1,3 \times 10^{-18}}{0,002 \times (9,1 \times 10^{-31})} = 7,0 \times 10^{14} \text{ m/s}^2$$

Uma vez que a Força elétrica é muito maior que a Força gravitativa, faz sentido que este valor obtido $7,0 \times 10^{14}$ seja superior à aceleração gravitativa.

3.

$$f = \frac{E}{n} = \frac{1,3 \times 10^{-18}}{6,626 \times 10^{-34}} \approx 2,0 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

↳ Radiação UV (detetável c/ aparelhos próprios)

4.

O mínimo da curva corresponde ao momento em que os elétrons libertados pelo ânodo colidem em maior número com os átomos de xénio, verificando-se uma absorção da energia cinética destes, para a excitação dos elétrons de valência.

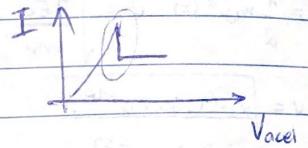
~~estão sobrepresos / batem / têm menor fator de impacto~~

Durante esta colisão os elétrons, ao atingirem o ânodo, perdem E_C , pelo

que deixam de contribuir para a corrente, observando-se assim, um valor mínimo para a mesma.

Contudo, os elétrons não atingem a grelha todos com a mesma velocidade. Desta forma, as E_c não vão ser iguais e nem todos terão a energia necessária para colidirem com os átomos de xénio.

Posto isto, o gráfico de $I(V_{acel})$ vai apresentar uma decréscimo gradual da corrente e não uma descida abrupta da mesma, ou seja:



5.

$$E_{ion} = 12,00 \times (1,6 \times 10^{-19}) = 1,9 \times 10^{-18} \text{ J (Teórico)}$$

$$E_{ion} = 13,7 \times (1,6 \times 10^{-19}) = 2,1 \times 10^{-18} \text{ J (Experimental)}$$

Sendo $E_c = E_{ion}$ e $v = \sqrt{\frac{2E_{ion}}{m_e}}$ ($m_e = 9,1 \times 10^{-31} \text{ kg}$)

$$\rightarrow (=) v_t = \sqrt{\frac{2 \times (1,9 \times 10^{-18})}{9,1 \times 10^{-31}}} \approx 2,0 \times 10^7 \text{ m/s (Teórico)}$$

$$\rightarrow (=) v_E = \sqrt{\frac{2 \times (2,1 \times 10^{-18})}{9,1 \times 10^{-31}}} \approx 2,1 \times 10^7 \text{ m/s (Exp.)}$$

6.

$$f = \frac{E_{ion}}{n} (=) f = \frac{1,9 \times 10^{-18}}{6,26 \times 10^{-31}} \approx 3,0 \times 10^{15} \text{ Hz}$$

↳ Radiação UV