

Ionización

L. A. Soto Ruiz

Laboratorio de Física II, ESFM-IPN, CDMX, México

Enviada 19 Noviembre 2024

La ionización es el proceso en el que un átomo o molécula adquiere carga al perder o ganar electrones, generalmente al recibir suficiente energía para superar la atracción del núcleo. En el experimento realizado, se comprobó la validez de la ecuación de Child-Langmuir para ambos montajes. Los errores entre montajes y métodos para calcular la energía de ionización fueron mínimos, con un valor de 12.3 a 12.5 eV, lo cual concuerda con la energía de ionización del hidrógeno (HI) según los datos del NIST [1]. Aunque la práctica incluía tanto ionización como excitación, solo se completó la parte de ionización se espera continuar con el estudio de excitación.

Keywords: *Balmer, Rydberg, Matriz de difracción, Monocromador*

1 Introducción

La ionización es el proceso mediante el cual un átomo o una molécula adquiere una carga eléctrica, ya sea positiva o negativa, al perder o ganar electrones. Este fenómeno es fundamental en varios campos de la química, la física y la biología. Se produce, generalmente, cuando un átomo o una molécula recibe suficiente energía para romper la atracción entre el núcleo y sus electrones. [2]

La ionización por impacto ocurre cuando un átomo o molécula es bombardeado por electrones de alta energía, lo que causa la expulsión de electrones del objeto impactado. Es un proceso comúnmente utilizado en espectrometría de masas.

La ionización por foto emisión implica la expulsión de un electrón al absorber un fotón de alta energía, como en el caso de la espectroscopia de fotoelectrones.

La Ley de Child da la corriente máxima limitada por carga espacial en un diodo plano de radio infinito (es decir, un haz unidimensional) como función de la longitud y la diferencia de potencial entre el ánodo y el cátodo. [3]

$$J = \frac{kV^{\frac{3}{2}}}{d^2} \quad (1)$$

La energía de ionización de un átomo es la cantidad mínima de energía necesaria para remover un electrón de un átomo o molécula en su estado

fundamental, convirtiéndolo en un ion cargado positivamente.

Si tienes una muestra de hidrógeno (H), su energía de ionización es la energía necesaria para remover el electrón de la configuración $1S^1$. Esta energía de ionización es aproximadamente 13.6 eV. [1]

2 Desarrollo

Este experimento aunque originalmente se trataba de ionización y excitación realmente terminamos unicamente tomando los de la primera parte, para el primer experimento se toma el montaje a el cual es:

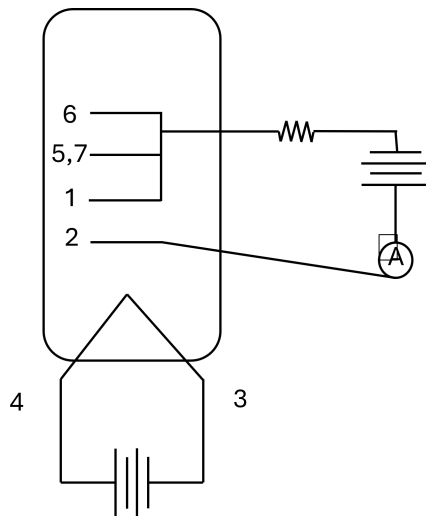


FIGURE 1. Montaje experimental a

En este experimento se utiliza un montaje uniendo el ánodo con todas las rendijas y estas a su vez a una resistencia y a la fuente de alimentación, esta a un amperímetro y finalmente el cátodo, mientras las patas 3 y 4 siempre se alimentan con 3v para comenzar el proceso de excitación. Así podemos aumentar el voltaje y medir con el amperímetro la corriente generada por el proceso de excitación en el diodo.

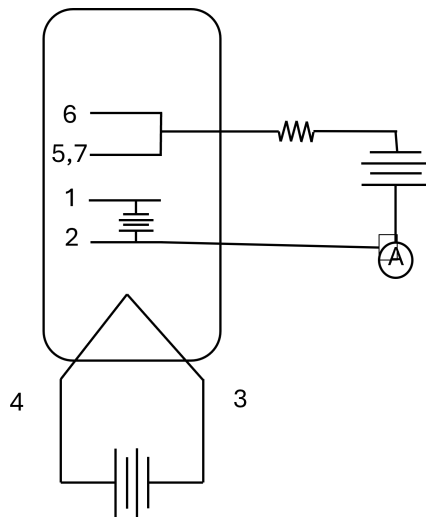


FIGURE 2. Montaje experimental b

Para el segundo montaje se cambia una pequeña fuente entre el cátodo y la rejilla 1 para poder aislar de donde viene la corriente y ver que efectivamente esta procede de la energía de ionización y no de alguna fuente externa sin embargo este cambio en el montaje experimental significara un cambio en los resultados obtenidos.

3 Resultados

Primero con el montaje experimental a tomamos la gráfica de voltaje-corriente para tomar el punto en el cual separar las graficas usamos el segundo metodo explicado por el profesor, el cual consiste en

N	I(Amp)
1	12.669
2	12.664
3	12.464
4	12.469
5	12.452
6	12.7
7	12.324
8	12.306
9	12.286
10	12.282
11	12.22
12	12.216

TABLE I. Método estadístico primer montaje

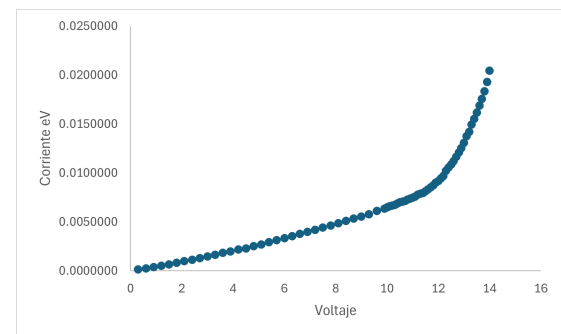


FIGURE 3. Segundo método primer montaje

N	I
1	12.63
2	12.55
3	12.56
4	12.64
5	12.47
6	12.62
7	12.49
8	12.58
9	12.58
10	12.42
11	12.53
12	12.58

TABLE II. Método estadístico segundo montaje

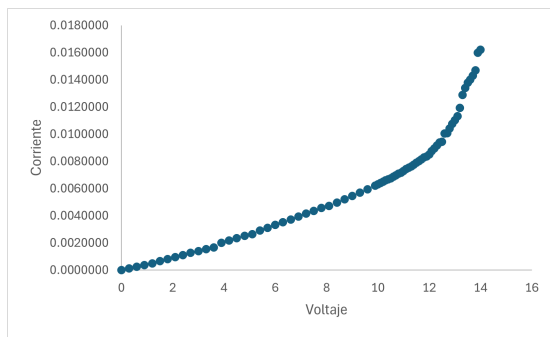


FIGURE 4. Segundo método segundo montaje

4 Análisis de resultados

En el primer experimento usamos el método estadístico para obtener el promedio mas o menos la desviación estándar la cual para el primer método se expresa como

$$12.421 \pm 0.0669(eV) \quad (2)$$

en este caso al tratarse de ionización de electrones podemos hacer un análogo entre Volts y eV, por eso el dato anterior. En el segundo montaje se obtiene algo muy parecido a el dato anterior como lo es

$$12.554 \pm 0.1773(eV) \quad (3)$$

Ahora bien veamos como subdividimos la primer gráfica en los dos casos para poder utilizar las

funciones de ajuste lineal y obtener la energía de ionización

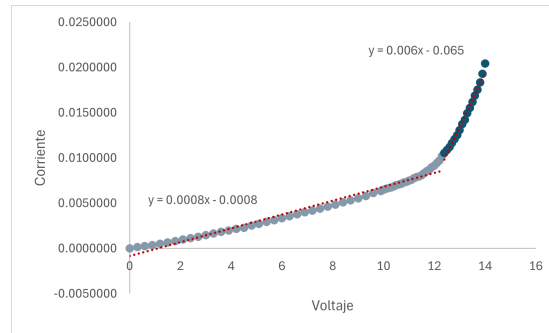


FIGURE 5. Segundo método, primer montaje

que para este caso esta dado por

$$12.34615385 \pm 0.05(eV) \quad (4)$$

Asi vemos como el resultado es parecido a los anteriores, así pues tomemos la segunda gráfica como

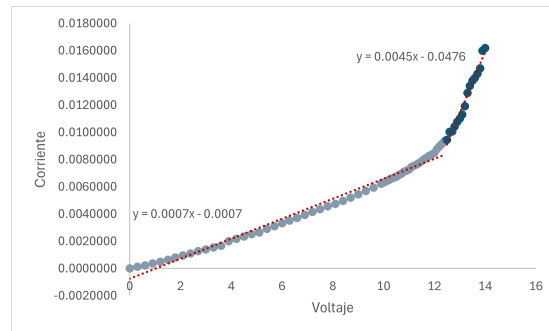


FIGURE 6. Segundo método, segundo montaje

de igual forma podemos hacer el análisis con el punto que empieza a despegar y subdividir la gráfica obteniendo

$$12.34210526 \pm 0.05(eV) \quad (5)$$

Al final vemos la diferencia entre los dos montajes, en el cual inicialmente se pensó que la primera parte, la lineal, seria la que se vería afectada, sin embargo lo que se ve afectado es la parte exponencial de la gráfica como

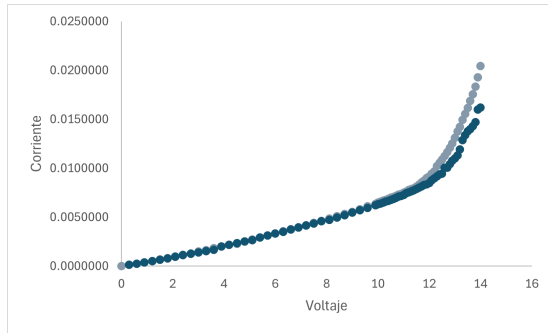


FIGURE 7. Comparación entre los dos métodos

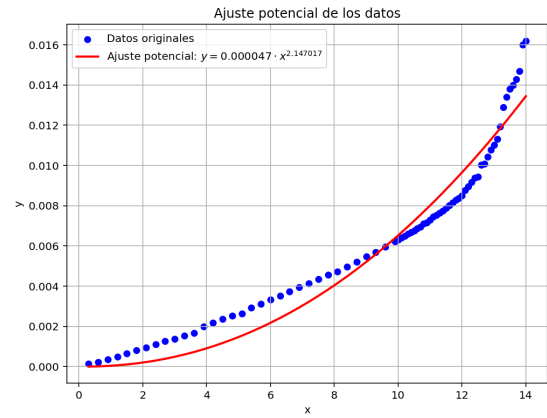


FIGURE 9. Ajuste potencial del segundo montaje

Así pues vemos que las funciones están dadas por

$$I = 0.000008 * V^{2.903895} \quad (6)$$

$$I = 0.000047 * V^{2.147017} \quad (7)$$

Finalmente veremos los errores como

$$\text{Error porcentual} = \left(\frac{|y_{\text{real}} - y_{\text{ajustado}}|}{y_{\text{real}}} \right) \times 100 \quad (8)$$

$$e_1 = \left(\frac{|12.421 - 12.554|}{12.421} \right) \times 100 = 1.070\% \quad (9)$$

que es el error de la energía entre los montajes para el caso estadístico

$$e_2 = \left(\frac{|12.34615385 - 12.34210526|}{12.34615385} \right) \times 100 = 0.03\% \quad (10)$$

es el error entre los montajes

$$e_3 = \left(\frac{|12.421 - 12.34615385|}{12.421} \right) \times 100 = 0.6\% \quad (11)$$

$$e_4 = \left(\frac{|12.554 - 12.34210526|}{12.554} \right) \times 100 = 1.68\% \quad (12)$$

finalmente estos son los errores de cada montaje con sus respectivos dos métodos de análisis.

5 Conclusión

Primero y más importante vemos cómo se cumple la ecuación de Child-Langmuir para ambos montajes,

Ahora veamos la gráfica de los montajes con su ajuste potencial, este análisis se realizó en python debido a las limitaciones de Excel

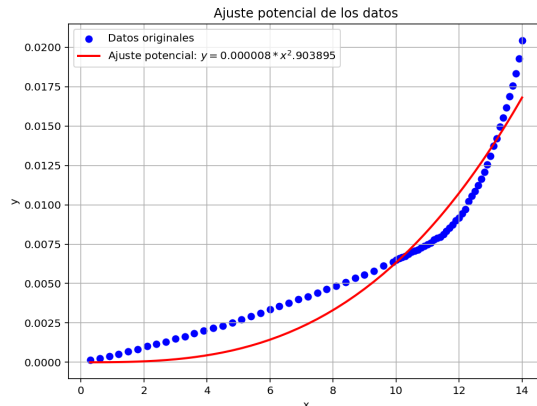


FIGURE 8. Ajuste potencial del primer montaje

después vemos como los errores ya sea entre montajes o entre formas de encontrar la energía de ionización no varían demasiado entre si dando un valor aproximado de 12.3 a 12.5 tomando esto en cuenta y usando los datos del Nist [1] podemos afirmar que es la energía de ionización del hidrógeno 1 o H I finalmente recalcar que esta practica era originalmente ionización y excitación dado que con este montaje o uno muy parecido se pueden estudiar ambos fenómenos, sin embargo no pudimos completar el experimento referente a excitación aunque en un futuro concluiremos esta

practica.

6 Referencias

1. "Atomic Data for Hydrogen (H)," June 2023. [Online; accessed 18. Nov. 2024].
2. P. Atkins and R. Friedman, *Física molecular y termodinámica*. Barcelona: Editorial Reverté, 2011. Discute el proceso de ionización y sus aplicaciones en química y física.
3. "Definition: Child's Law," Nov. 2024. [Online; accessed 18. Nov. 2024].

7 Anexo I

8 Tablas

Table III: Tabla primer experimento

V	I
0.3	0.0001420
0.6	0.0002620
0.9	0.0003905
1.2	0.0005310
1.5	0.0006733
1.8	0.0008190
2.1	0.0010100
2.4	0.0011471
2.7	0.0013100
3	0.0014859
3.3	0.0016420
3.6	0.0018450
3.9	0.0020000
4.2	0.0021712
4.5	0.0023000
4.8	0.0025280
5.1	0.0027081
5.4	0.0029360
5.7	0.0031400
6	0.0033470
6.3	0.0035570
6.6	0.0037740
6.9	0.0039900
7.2	0.0041850
7.5	0.0044230
7.8	0.0046300
8.1	0.0048600
8.4	0.0051000
8.7	0.0053380
9	0.0055500
9.3	0.0058000
9.6	0.0061300
9.9	0.0063540
10	0.0064890
10.1	0.0066000
10.2	0.0066850
10.3	0.0067500
10.4	0.0068700
Continued on next page	

Table III – continued from previous page

V	I
10.5	0.0070000
10.6	0.0070800
10.7	0.0071600
10.8	0.0072954
10.9	0.0073880
11	0.0074950
11.1	0.0076000
11.2	0.0077740
11.3	0.0078800
11.4	0.0079510
11.5	0.0081150
11.6	0.0083342
11.7	0.0085475
11.8	0.0087400
11.9	0.0089959
12	0.0091650
12.1	0.0094400
12.2	0.0097000
12.3	0.0102340
12.4	0.0105710
12.5	0.0108760
12.6	0.0112290
12.7	0.0116500
12.8	0.0121000
12.9	0.0125500
13	0.0131000
13.1	0.0137510
13.2	0.0142180
13.3	0.0149460
13.4	0.0155440
13.5	0.0161770
13.6	0.0168720
13.7	0.0175500
13.8	0.0183400
13.9	0.0192950
14	0.0204500

Table IV: Tabla segundo experimento

V	I
0.3	0.0001351
0.6	0.0002371
Continued on next page	

Table IV – continued from previous page

V	I
0.9	0.0003688
1.2	0.0005040
1.5	0.0006540
1.8	0.0008045
2.1	0.0009590
2.4	0.0011143
2.7	0.0012670
3	0.0013888
3.3	0.0015480
3.6	0.0016750
3.9	0.0020000
4.2	0.0021764
4.5	0.0023588
4.8	0.0025225
5.1	0.0026410
5.4	0.0029218
5.7	0.0031150
6	0.0033250
6.3	0.0035160
6.6	0.0037284
6.9	0.0039420
7.2	0.0041489
7.5	0.0043502
7.8	0.0045755
8.1	0.0047320
8.4	0.0049565
8.7	0.0052077
9	0.0054630
9.3	0.0056985
9.6	0.0059499
9.9	0.0062203
10	0.0063165
10.1	0.0064022
10.2	0.0064960
10.3	0.0065975
10.4	0.0066775
10.5	0.0067530
10.6	0.0068720
10.7	0.0069617
10.8	0.0071015
10.9	0.0071730
11	0.0072840
11.1	0.0074471
Continued on next page	

Table IV – continued from previous page

V	I
11.2	0.0075410
11.3	0.0076402
11.4	0.0077418
11.5	0.0078880
11.6	0.0080316
11.7	0.0081476
11.8	0.0082829
11.9	0.0083740
12	0.0085088
12.1	0.0087651
12.2	0.0089595
12.3	0.0091721
12.4	0.0093806
12.5	0.0094430
12.6	0.0100420
12.7	0.0100710
12.8	0.0104220
12.9	0.0107680
13	0.0110240
13.1	0.0113100
13.2	0.0119226
13.3	0.0128900
13.4	0.0133990
13.5	0.0138000
13.6	0.0140000
13.7	0.0143000
13.8	0.0147000
13.9	0.0160000
14	0.0162000

8.1 Código para el análisis de las funciones

```

1 import numpy as np
2 import matplotlib.pyplot as plt
3 from scipy.optimize import curve_fit
4
5 # Datos proporcionados
6 x = np.array([0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, 2.4, 2.7, 3, 3.3, 3.6, 3.9, 4.2, 4.5, 4.8, 5.1, 5.4, 5.7, 6, 6.3])
7 y = np.array([0.0001420, 0.0002620, 0.0003905, 0.0005310, 0.0006733, 0.0008190, 0.0010100, 0.0011471, 0.0013100,
8
9 # Definir la función del modelo potencial
10 def modelo_potencial(x, a, b):
11     return a * x**b
12

```

```

13 # Ajustar la curva a los datos
14 parametros_optimos, _ = curve_fit(modelo_potencial, x, y)
15
16 # Parametros a y b ajustados
17 a_opt, b_opt = parametros_optimos
18 print(f"Ajuste potencial:  $y = \{a\_opt:.6f\} * x^{\{b\_opt:.6f\}}$ ")
19
20 # Generar la curva ajustada
21 y_ajustada = modelo_potencial(x, *parametros_optimos)
22
23 # Graficar los resultados
24 plt.figure(figsize=(8, 6))
25 plt.scatter(x, y, color='blue', label='Datos originales')
26 plt.plot(x, y_ajustada, color='red', label=f'Ajuste potencial:  $y = \{a\_opt:.6f\} * x^{\{b\_opt:.6f\}}$ ', linewidth=2)
27 plt.xlabel('x')
28 plt.ylabel('y')
29 plt.title('Ajuste potencial de los datos')
30 plt.legend()
31 plt.grid(True)
32 plt.show()
33
34
35 # Datos proporcionados
36 x = np.array([0.3, 0.6, 0.9, 1.2, 1.5, 1.8, 2.1, 2.4, 2.7, 3, 3.3, 3.6, 3.9, 4.2, 4.5, 4.8, 5.1, 5.4, 5.7])
37 y = np.array([0.0001351, 0.0002371, 0.0003688, 0.0005040, 0.0006540, 0.0008045, 0.0009590, 0.0011143, 0.0012791, 0.0014539, 0.0016388, 0.0018339, 0.0020393, 0.0022551, 0.0024814, 0.0027183, 0.0029658, 0.0032240, 0.0034930])
38
39 # Función para el ajuste potencial:  $y = a * x^b$ 
40 def pot_func(x, a, b):
41     return a * x**b
42
43 # Ajuste de la curva
44 params, covariance = curve_fit(pot_func, x, y)
45
46 # Obtener los parametros ajustados a  $y = a * x^b$ 
47 a_opt, b_opt = params
48 print(f"Ajuste potencial:  $y = \{a\_opt:.6f\} * x^{\{b\_opt:.6f\}}$ ")
49
50 # Calcular los valores predichos con los parametros ajustados
51 y_pred = pot_func(x, *params)
52
53 # Graficar los datos originales y el ajuste potencial
54 plt.figure(figsize=(8, 6))
55 plt.scatter(x, y, color='blue', label='Datos originales', s=30)
56 plt.plot(x, y_pred, color='red', label=f'Ajuste potencial:  $y = \{a\_opt:.6f\} \cdot x^{\{b\_opt:.6f\}}$ ', linewidth=2)
57 plt.xlabel('x')
58 plt.ylabel('y')
59 plt.title('Ajuste potencial de los datos')
60 plt.legend()
61 plt.grid(True)
62 plt.show()

```