

Determinación del gas contenido en un tiratrón 2D21, mediante la obtención de la primer energía de ionización.

Pérez Flores Julio Alfonso*

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México.†

(Dated: 27 de noviembre de 2024)

Keywords: 2D21 Tyatron, first ionizing energy, Child-Langmuir law.

I. INTRODUCCIÓN

A. Derivación ley de Stefan-Boltzmann.

II. MÉTODO.

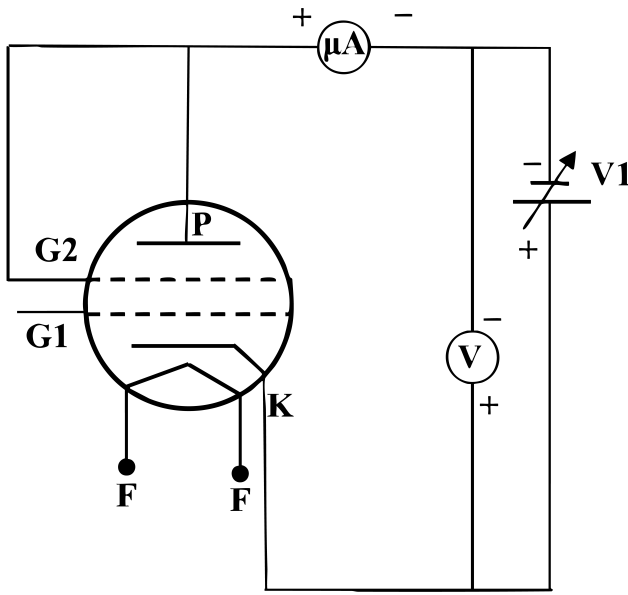


Fig. 1: Circuito construido con un tiratrón 2D21, donde se aprecian la fuente de Voltaje DC (V1), con un voltaje variable de 1.2 -12 V, así mismo se puede apreciar los puntos donde se registra corriente y voltaje, a la par de los puntos F los cuales fueron conectados a una fuente de voltaje alterna de 6 V.

La figura 1 muestra la configuración del tiratrón, así como las secciones del circuito donde se registra el voltaje asociado a la aceleración de los electrones desprendidos por fenómeno termoiónico, y la corriente a través del ánodo.

Se realizó un primer barrido de la corriente en función del voltaje aplicado, con la finalidad de detectar donde inicia la región de transición entre la zona de descriptible por la ley de Child - Langmuir, y la región de saturación. Posteriormente se realizaron 10 barridos de corriente con respecto al voltaje, en los cuales se realizo un barrido grueso (cambios de 0.5 V o 1 V) en la región dominada por la ley de Child - Langmuir; así mismo en la región de transición la resolución de los barridos fue modificada a 0.1 V.

Las diez series de datos fueron linealizados aplicando ley de Child - Langmuir a todos los datos (i.e. el

voltaje registrado fue elevado a la potencia de $\frac{3}{2}$), se seleccionaron los primeros n puntos los cuales mostraran un comportamiento lineal, y a la par que permitieran generar un ajuste lineal mediante mínimos cuadrados que maximicé R^2 , a su vez una recta fue trazada entre dos puntos en la zona de saturación. Por otra parte una curva suavizada fue ajustada a los datos medidos mediante el Método de LOESS utilizando una equipartición de puntos discretos con distancias iguales a la mínima escala del multímetro utilizado (0.01 V). La intersección entre la curva y la recta generada por mínimos cuadrados así como la intersección entre la curva y la recta de la zona de saturación son tomados como la zona de transición y un nuevo ajuste por LOESS, donde se contemplan todos los puntos como venta (mejorando así la suavidad de la curva, sin modificar la precisión al ajustar los datos, y reduciendo el tiempo computacional) es realizado. A partir del uso de diferencias finitas de cuarto orden se calculan la segunda y tercera derivada, y se busca un punto V_p dentro del dominio de f'' , de tal forma que $f''(V_p)$ se acerque al cero con una tolerancia de 1×10^{-5} , y $f^{(3)}(V_p)$ sea diferente de cero, de tal forma que por el criterio de la tercer derivada se encuentre el punto de inflexión que precede a la zona de saturación el cual es potencial de ionización.

Finalmente se establece un intervalo de confiabilidad calculando la distancia promedio de V_p al punto del dominio encontrado por la intersección de la recta generada por mínimos cuadrados y el primer ajuste por LOESS, así como el punto generado por la intersección de la recta del área de saturación y la recta generada por mínimos cuadrados.

III. RESULTADOS.

Las figuras ?? - ?? muestran el comportamiento de la corriente en función de . En todas ellas se $V^{3/2}$ identifican claramente tres regiones clave: la zona regida por la ley de Child-Langmuir, la zona de transición y la zona de saturación. Además, para los diez barridos, se señala el punto $V_p^{3/2}$, asociado a la primera energía de ionización. Esto se debe a que, por definición, el electronvoltio representa la energía necesaria para mover un electrón en un campo eléctrico con una diferencia de potencial de 1 V. En este caso, el potencial medido se relaciona con la energía requerida para acelerar un electrón y provocar colisiones elásticas con los electrones del gas en el bulbo, lo que resulta en la liberación de un electrón de la capa de valencia del gas.

La tabla ?? presenta los potenciales de ionización determinados mediante el criterio de la tercera derivada y derivación numérica, junto con sus intervalos de confianza. Se observa que los potenciales de ionización calculados no aparecen inmediatamente después de la región lineal,

* julio_perez@ciencias.unam.mx

† Reporte práctica Laboratorio Contemporánea I, Semestre 2025-1.

sino tras un primer cambio de curvatura. Esto ocurre porque algunos electrones generados por efectos termiónicos poseen una energía cinética inicial suficiente para, al alcanzar un cierto potencial (en este caso, 9 V), superar la energía de ionización del gas. Este fenómeno provoca la ionización de unos pocos átomos y, como consecuencia, la pérdida de linealidad en las gráficas ?? - ??.

Se obtuvo un valor de energía de ionización promedio de $V_p = 10.59 \text{ eV}$, $\sigma = 0.140 \text{ eV}$, con un intervalo de confianza promedio de 0.8 eV ; el cual se aproxima con un error porcentual 1.54% al potencial de ionización de Mercurio (10.43 eV) [cita NIST](#), cuyos vapor es utilizado en el diseño de tiratrones. Las figuras ?? - ??, y ?? - ?? muestran la primera segunda y tercer derivada para cada una de la regiones denominadas como *Ajuste rodilla LOESS* para las figuras, ?? - ??, en ellas se puede apreciar que a pesar de que todos los puntos en esta región fueron utilizados para realizar el ajuste por método de LOESS, debido a la presencia de ruido en las mediciones esta curva presenta varios puntos de inflexiones como consecuencia de buscar una curva suave. Debido a esto se pueden apreciar cuatro puntos donde la tercer derivada es visiblemente diferente de cero, no obstante los puntos del dominio de la tercer derivada asociados a esos valores no son iguales a cero, lo que implica que existen

puntos entre la distancia de la equipartición que cumplen el criterio de la tercer derivada, no obstante debido a que la distancia de la equipartición es del tamaño de la mínima escala del multímetro, no es valido refinar la equipartición. Por consiguiente se estableció un intervalo de confiabilidad en donde se encontraría el potencial de ionización en caso de repetirse con otra serie de datos. Así mismo este error puede ser reducido si se utilizara una fuente de voltaje que permitiera realizar cambios de potencial equidistantes y precisos, como seria un potenciómetro digital en configuración de divisor de voltaje con un OP-AMP de baja deriva en configuración de seguidor de voltaje, así como un sensor de corriente por resistencia de sensado y ADC (obteniendo resoluciones de $10 \mu A$), así como un ADC de 16 bits para el registro de voltaje (obteniendo resoluciones de $180 \mu V A$). De aplicarse este diseño, las curvas se podrían promediar debido a que estarían bajo mismas condiciones, a la par de que los puntos serian iguales y directamente se pudieran usar derivación numérica para la determinación del punto de inflexión asociado al voltaje de ionización.

IV. CONCLUSIONES.

V. APÉNDICE A: MEDICIONES.

-
- [1] European Space Agency (ESA), "Blackbody radiation what is thermal – or black body – radiation?" <https://sci.esa.int/web/education/-/48986-blackbody-radiation>, 2019. Accessed: 2024-11-2.
 - [2] S. J. Ling, J. Sanny, and W. Moebs, "6.1 blackbody radiation." <https://openstax.org/books/university-physics-volume-3/pages/6-1-blackbody-radiation>, Sept. 2016. Accessed: 2024-11-3.
 - [3] J. J. Condon and S. M. Ransom, "mathematical derivations - essential radio astronomy." <https://www.cv.nrao.edu/~sransom/web/A2.html>, 2018. Accessed: 2024-11-2.
 - [4] P. Haggstrom, "Deriving the Stefan-Boltzmann law from planck's law." <https://gotohaggstrom.com/Deriving%20the%20StefanBoltzmann%20law%20from%20Plancks%20law.pdf>, 2023. Accessed: 2024-11-2.
 - [5] V. Bitukov, Y. Khudak, and N. Gusein-Zade, "Analytical derivation of the stefan-boltzmann law for integral radiance from planck's law for spectral radiance," *Bulletin of the Lebedev Physics Institute*, vol. 45, pp. 46–50, 02 2018.
 - [6] J. Tatum, "2.10: Derivation of wien's and stefan's laws." [https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Astronomy_Cosmology/Stellar_Atmospheres_\(Tatum\)/02%3A_Blackbody_Radiation/2.10%3A_Derivation_of_Wien's_and_Stefan's_Laws](https://phys.libretexts.org/Bookshelves/Astronomy_Cosmology/Stellar_Atmospheres_(Tatum)/02%3A_Blackbody_Radiation/2.10%3A_Derivation_of_Wien's_and_Stefan's_Laws), Apr. 2017. Accessed: 2024-11-2.
 - [7] T. Vahabi, C. Lee, M. Nardin, E. Horsley, and R. Serbanescu, "Black body radiation." https://www.physics.utoronto.ca/~phy224_324/LabManuals/BlackbodyRadiation.pdf, 2023. Accessed: 2024-11-2.
 - [8] Physics and Math Lectures, "Deriving wien's law," 2020.
 - [9] B. Das, "Obtaining wien's displacement law from planck's law of radiation," *Phys. Teach.*, vol. 40, no. 3, pp. 148–149, 2002.
 - [10] S. J. Ling, W. Moebs, and J. Sanny, "9.3 resistivity and resistance." <https://openstax.org/books/university-physics-volume-2/pages/9-3-resistivity-and-resistance>, Oct. 2016. Accessed: 2024-11-4.
 - [11] P. P. Urone and R. Hinrichs, "11.2 heat, specific heat, and heat transfer." <https://openstax.org/books/physics/pages/11-2-heat-specific-heat-and-heat-transfer>, Mar. 2020. Accessed: 2024-11-4.
 - [12] A. Oliva, R. Maldonado, E. Díaz, and A. Montalvo, "A high absorbance material for solar collectors' applications," *Materials Science and Engineering Conference Series*, vol. 45, pp. 2019–, 06 2013.
 - [13] M. Wellons, "The Stefan-Boltzmann law." https://physics.wooster.edu/wp-content/uploads/2021/08/Junior-IS-Thesis-Web-2007_Wellons.pdf, 2007. Accessed: 2024-11-2.
 - [14] PubChem, "Copper." <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Copper>. Accessed: 2024-11-4.
 - [15] S. R. O. Aletba, N. Abdul Hassan, R. Putra Jaya, E. Aminudin, M. Z. H. Mahmud, A. Mohamed, and A. A. Hussein, "Thermal performance of cooling strategies for asphalt pavement: A state-of-the-art review," *Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition)*, vol. 8, no. 3, pp. 356–373, 2021.
 - [16] D. Bonyuet, "Descripción y tablas de emisividad." https://www.academia.edu/23762566/Descripci%C3%B3n_y_tablas_de_Emisividad?auto=download. Accessed: 2024-11-3.
 - [17] H. D. Kambezidis, "The solar resource," in *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences*, Elsevier, 2020.
 - [18] ThermoWorks, "Infrared emissivity table." https://www.thermoworks.com/emissivity-table/?srsltid=AfmB0op4EzXC_

[eix3R0Ur07DqWbj9DgVS104L1zT5stI7YE2lyR28fxP](#),

2024. Accessed: 2024-11-3.