

Efecto Fotoeléctrico

Laboratorio de Física Contemporánea I

Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma México

Se conoce como efecto fotoeléctrico a la emisión de electrones de un metal cuando una luz incide sobre su superficie. Los objetivos de esta práctica son:

1. Verificar experimentalmente la Teoría de Einstein sobre el efecto fotoeléctrico para 5 longitudes de onda.
2. Medir la corriente de frenado, es decir el voltaje negativo $-V$ tal que la corriente es 0
3. Graficar V vs I para cada longitud de onda λ
4. Calcular el valor de la constante de Planck h utilizando el voltaje de frenado y la función de trabajo.

Procedimiento Experimental

MATERIALES

- Lámpara de Mercurio (Hg)
- Monocromador
- Rejillas de 0.5 cm y 0.125 cm
- Fotocelda
- Electrómetro
- Fuente de voltaje
- Multímetro modelo MUL-500
- Cables UHF y BNC

MONTAJE EXPERIMENTAL

Para hacer el análisis, se utilizarán los datos obtenidos por estudiantes pasados, donde el procedimiento experimental que se siguió fue el siguiente:

Como fuente luminosa se utilizó una lámpara de mercurio (Pasco Scientific modelo OS-9286) cuya luz se hizo pasar a través de un monocromador de la marca SPEX Industries Minimate, entrando por una rendija de (0.125 ± 0.005) cm y saliendo por otra de (0.250 ± 0.005) cm. Luego de pasar por el monocromador, la luz tenía una longitud de onda específica e incidía en una fotocelda de marca desconocida en la que se generaba una corriente por efecto fotoeléctrico que se medía con un electrómetro de la marca Keithley Instruments, modelo 610B, y a la que se le podía aplicar un voltaje, el cual, se midió con un multímetro Steren MUL-600.

Para cada longitud de onda emitida por la fuente de mercurio se realizaron dos procedimientos. El primero consistió en encontrar el voltaje de frenado, variando el voltaje hasta que la corriente se hiciera cero. Este valor se dividía entre cuatro y se registraba el valor de corriente para cada una de las cuatro divisiones. Esto se repitió cinco veces para obtener un mejor valor de V_0 . En el segundo procedimiento se hizo variar el voltaje de 0 V a 2 V en pasos de 0.250 V, registrando para cada paso el valor de corriente para poder determinar la relación V vs I .

En las condiciones con que se utilizó el electrómetro, en el rango de $(10^{-7} - 10^{-11})$ A y con el switch del multiplicador en 1, la incertidumbre para la corriente es de $\pm 2\%$ de la máxima

escala. De la misma forma, en el rango trabajado del multímetro se tiene una incertidumbre para el voltaje de $(\pm 0.8\% + 3)$ V.



FIG. 1. ARREGLO EXPERIMENTAL, DE IZQUIERDA A DERECHA: LÁMPARA DE MERCURIO, MONOCROMADOR, FOTOCELDA Y ELECTRÓMETRO.

Para poder asociar un error al monocromador, se midió la diferencia en Hz entre los dos mínimos de corriente alrededor de un máximo y se dividió entre dos. Este procedimiento se repitió tres veces para cada longitud de onda del mercurio y luego se tomó el promedio como incertidumbre.

Apéndice

Datos Experimentales obtenidos por Gamboa (2019)

Longitud de onda (λ) [nm]	Longitud mínima [nm]	Longitud máxima [nm]
361.9 ± 5.7	357.3	366.9
	357.0	367.0
	356.0	370.6
401.2 ± 6.3	397.5	409.8
	397.2	409.8
	397.0	409.8
431.5 ± 10.2	426.6	440.6
	424.0	443.0
	423.5	451.6
487.6 ± 11.5	485.3	494.1
	485.5	497.5
	484.4	498.2
542.2 ± 21.8	539.0	553.9
	535.8	559.7
	535.2	561.7
576.1 ± 14.3	570.4	584.4
	569.3	584.0
	568.2	582.5

Tabla 3: Valores mínimos y máximos de la longitud de onda en los que la corriente era mínima.⁶

Corriente <i>(I)[A]</i>	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.942	0.008
6.7E-09	2E-10	-0.235	0.002
3.2E-09	2E-10	-0.470	0.004
1.2E-09	2E-10	-0.706	0.006
0	2E-12	-0.942	0.008
6.5E-09	2E-10	-0.236	0.002
3.1E-09	2E-10	-0.471	0.004
1.1E-09	2E-10	-0.706	0.006
0	2E-12	-0.944	0.008
6.6E-09	2E-10	-0.236	0.002
3.2E-09	2E-10	-0.473	0.004
1.1E-09	2E-10	-0.707	0.006
0	2E-12	-0.944	0.008
6.5E-09	2E-10	-0.230	0.002
3.1E-09	2E-10	-0.472	0.004
1.2E-09	2E-10	-0.709	0.006
0	2E-12	-0.945	0.008
6.4E-09	2E-10	-0.240	0.002
3.1E-09	2E-10	-0.470	0.004
1.1E-09	2E-10	-0.709	0.006

Tabla 4: Datos para calcular el voltaje de frenado para una longitud de onda de $(361.9 \pm 5.7)nm$. Las incertidumbres de la corriente y el voltaje son las asociadas al electrómetro y el multímetro.⁶

Corriente <i>(I)[A]</i>	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.804	0.006
7.3E-09	2E-10	-0.202	0.002
3.2E-09	2E-10	-0.402	0.003
1.2E-09	2E-10	-0.602	0.005
0	2E-12	-0.805	0.006
7.4E-09	2E-10	-0.201	0.002
3.5E-09	2E-10	-0.401	0.003
1.3E-09	2E-10	-0.603	0.005
0	2E-12	-0.804	0.006
7.3E-09	2E-10	-0.203	0.002
3.4E-09	2E-10	-0.402	0.003
1.3E-09	2E-10	-0.601	0.005
0	2E-12	-0.804	0.006
7.2E-09	2E-10	-0.202	0.002
3.4E-09	2E-10	-0.404	0.003
1.3E-09	2E-10	-0.601	0.005
0	2E-12	-0.804	0.006
7.2E-09	2E-10	-0.201	0.002
3.4E-09	2E-10	-0.403	0.003
1.3E-09	2E-10	-0.601	0.005

Tabla 5: Datos para calcular el voltaje de frenado para una longitud de onda de $(401.2 \pm 6.3)nm$. Las incertidumbres de la corriente y el voltaje son las asociadas al electrómetro y el multímetro.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.698	0.006
1.9E-08	2E-09	-0.173	0.001
8.1E-09	2E-10	-0.349	0.003
2.8E-09	2E-10	-0.527	0.004
0	2E-12	-0.698	0.006
2E-08	2E-09	-0.175	0.0014
8E-09	2E-10	-0.350	0.003
3E-09	2E-10	-0.524	0.004
0	2E-12	-0.698	0.006
2.0E-08	2E-09	-0.174	0.001
8.3E-09	2E-10	-0.350	0.003
3.0E-09	2E-10	-0.522	0.004
0	2E-12	-0.697	0.006
1.9E-08	2E-09	-0.173	0.001
8.2E-09	2E-10	-0.349	0.003
2.9E-09	2E-10	-0.525	0.004
0	2E-12	-0.698	0.006
1.9E-08	2E-09	-0.174	0.001
8.3E-09	2E-10	-0.347	0.003
3.0E-09	2E-10	-0.521	0.004

Tabla 6: Datos para calcular el voltaje de frenado para una longitud de onda de $(431.5 \pm 10.2)nm$. Las incertidumbres de la corriente y el voltaje son las asociadas al electrómetro y el multímetro.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[mV]	δ_V [mV]
0	2E-12	-471	4
7.8E-10	2E-11	-116	1
4.2E-10	2E-11	-234	2
2.7E-10	2E-11	-352	3
0	2E-12	-481	4
7.4E-10	2E-11	-121	1
3.9E-10	2E-11	-240	2
2.6E-10	2E-11	-360	3
0	2E-12	-481	4
7.5E-10	2E-11	-120	1
3.9E-10	2E-11	-240	2
1.5E-10	2E-11	-362	3
0	2E-12	-481	4
7.6E-10	2E-11	-119	1
3.9E-10	2E-11	-240	2
1.5E-10	2E-11	-360	3
0	2E-12	-478	4
7.8E-10	2E-11	-119	1
4.0E-10	2E-11	-239	2
1.7E-10	2E-11	-358	3

Tabla 7: Datos para calcular el voltaje de frenado para una longitud de onda de $(487.6 \pm 11.5)nm$. Las incertidumbres de la corriente y el voltaje son las asociadas al electrómetro y el multímetro.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[mV]	δ_V [mV]
0	2E-12	-348	3
2.2E-08	2E-09	-87	1
1.1E-08	2E-09	-174	1
3.5E-09	2E-10	-260	2
0	2E-12	-349	3
2.1E-08	2E-09	-88	1
1.1E-08	2E-09	-175	1
3.5E-09	2E-10	-262	2
0	2E-12	-350	3
2.2E-08	2E-09	-88	1
9.5E-09	2E-10	-175	1
3.5E-09	2E-10	-261	2
0	2E-12	-349	3
2.1E-08	2E-09	-87	1
9.6E-09	2E-10	-173	1
3.5E-09	2E-10	-261	2
0	2E-12	-350	3
2.1E-08	2E-09	-88	1
9.5E-09	2E-10	-174	2
3.5E-09	2E-10	-263	2

Tabla 8: Datos para calcular el voltaje de frenado para una longitud de onda de $(542.2 \pm 21.8)nm$. Las incertidumbres de la corriente y el voltaje son las asociadas al electrómetro y el multímetro.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[mV]	δ_V [mV]
0	2E-12	-270	2
1.1E-08	2E-09	-68	1
5.0E-09	2E-10	-135	1
1.9E-09	2E-10	-202	2
0	2E-12	-270	2
1.1E-08	2E-09	-67	1
4.9E-09	2E-10	-136	1
1.8E-09	2E-10	-204	2
0	2E-12	-271	2
1.1E-08	2E-09	-68	1
5.0E-09	2E-10	-135	1
1.9E-09	2E-10	-204	2
0	2E-12	-270	2
1.1E-08	2E-09	-68	1
5.0E-09	2E-10	-134	1
1.9E-09	2E-10	-203	2
0	2E-12	-271	2
1.1E-08	2E-09	-68	1
5.1E-09	2E-10	-135	1
1.9E-09	2E-10	-204	2

Tabla 9: Datos para calcular el voltaje de frenado para una longitud de onda de $(576.1 \pm 14.3)nm$. Las incertidumbres de la corriente y el voltaje son las asociadas al electrómetro y el multímetro.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.943	0.008
1.1E-09	2E-10	-0.707	0.006
3.1E-09	2E-10	-0.471	0.004
6.5E-09	2E-10	-0.236	0.002
1.4E-08	2E-09	0.001	0.001
2.2E-08	2E-09	0.251	0.002
2.7E-08	2E-09	0.499	0.004
3.2E-08	2E-09	0.750	0.006
3.6E-08	2E-09	0.998	0.008
4.2E-08	2E-09	1.250	0.010
4.5E-08	2E-09	1.501	0.012
4.9E-08	2E-09	1.751	0.014
5.4E-08	2E-09	1.998	0.016

Tabla 10: Mediciones de corriente y voltaje para una longitud de onda de $(361.9 \pm 5.7)nm$. Las incertidumbres son las asociadas al electrómetro y el multímetro para voltajes positivo mientras que para voltajes negativos se utilizó una suma estadística.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.804	0.006
1.3E-09	2E-10	-0.602	0.005
3.4E-09	2E-10	-0.402	0.003
7.3E-09	2E-10	-0.202	0.002
1.5E-08	2E-09	0.001	0.001
2.5E-08	2E-09	0.250	0.002
3.2E-08	2E-09	0.498	0.004
3.7E-08	2E-09	0.751	0.006
4.2E-08	2E-09	1.000	0.008
4.8E-08	2E-09	1.253	0.010
5.3E-08	2E-09	1.500	0.012
5.7E-08	2E-09	1.751	0.014
6.2E-08	2E-09	2.002	0.016

Tabla 11: Mediciones de corriente y voltaje para una longitud de onda de $(401.2 \pm 6.3)nm$. Las incertidumbres son las asociadas al electrómetro y el multímetro para voltajes positivo mientras que para voltajes negativos se utilizó una suma estadística.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.698	0.006
2.9E-09	2E-10	-0.524	0.005
8.2E-09	2E-10	-0.349	0.003
1.9E-08	2E-09	-0.174	0.002
3.9E-08	2E-09	0.002	0.001
6.5E-08	2E-09	0.250	0.002
8.4E-08	2E-09	0.498	0.004
1.0E-07	2E-08	0.750	0.006
1.1E-07	2E-08	1.003	0.008
1.2E-07	2E-08	1.252	0.010
1.3E-07	2E-08	1.500	0.012
1.4E-07	2E-08	1.758	0.014
1.5E-07	2E-08	1.999	0.016

Tabla 12: Mediciones de corriente y voltaje para una longitud de onda de $(431.5 \pm 10.2)nm$. Las incertidumbres son las asociadas al electrómetro y el multímetro para voltajes positivo mientras que para voltajes negativos se utilizó una suma estadística.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.478	0.006
2.0E-10	6E-11	-0.358	0.005
4.0E-10	2E-11	-0.239	0.003
7.6E-10	3E-11	-0.119	0.002
1.3E-09	2E-10	0.001	0.001
2.5E-09	2E-10	0.250	0.002
3.3E-09	2E-10	0.498	0.004
3.9E-09	2E-10	0.753	0.006
4.5E-09	2E-10	1.001	0.008
5.0E-09	2E-10	1.250	0.010
5.5E-09	2E-10	1.499	0.012
6.1E-09	2E-10	1.749	0.014
6.6E-09	2E-10	2.002	0.016

Tabla 13: Mediciones de corriente y voltaje para una longitud de onda de $(487.6 \pm 11.5)nm$. Las incertidumbres son las asociadas al electrómetro y el multímetro para voltajes positivo mientras que para voltajes negativos se utilizó una suma estadística.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.349	0.003
3.5E-09	2E-10	-0.262	0.002
1.0E-08	1E-09	-0.174	0.002
2.1E-08	2E-09	-0.088	0.001
3.7E-08	2E-09	0.001	0.001
8.4E-08	2E-09	0.251	0.002
1.1E-07	2E-08	0.497	0.004
1.2E-07	2E-08	0.748	0.006
1.4E-07	2E-08	1.005	0.008
1.6E-07	2E-08	1.247	0.010
1.7E-07	2E-08	1.499	0.012
1.8E-07	2E-08	1.750	0.014
1.9E-07	2E-08	1.999	0.016

Tabla 14: Mediciones de corriente y voltaje para una longitud de onda de $(542.2 \pm 21.8)nm$. Las incertidumbres son las asociadas al electrómetro y el multímetro para voltajes positivo mientras que para voltajes negativos se utilizó una suma estadística.⁶

Corriente $(I)[A]$	δ_I [A]	Voltaje (V)[V]	δ_V [V]
0	2E-12	-0.270	0.002
1.9E-09	2E-10	-0.203	0.002
5.0E-09	2E-10	-0.135	0.001
1.1E-08	2E-09	-0.068	0.001
4.2E-08	2E-09	-0.001	0.001
4.8E-08	2E-09	0.250	0.002
6.6E-08	2E-09	0.500	0.004
7.7E-08	2E-09	0.749	0.006
8.6E-08	2E-09	1.000	0.008
9.6E-08	2E-09	1.249	0.010
1.0E-07	2E-08	1.498	0.012
1.0E-07	2E-08	1.749	0.014
1.1E-07	2E-08	2.001	0.016

Tabla 15: Mediciones de corriente y voltaje para una longitud de onda de $(576.1 \pm 14.3)nm$. Las incertidumbres son las asociadas al electrómetro y el multímetro para voltajes positivo mientras que para voltajes negativos se utilizó una suma estadística.⁶