



Real
Sociedad
Española de
Física

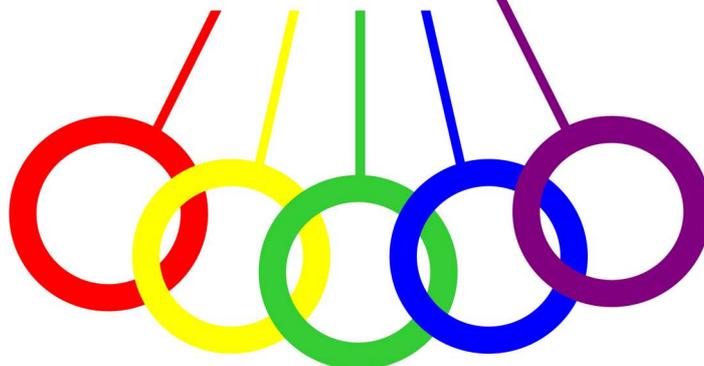


Universidad
Zaragoza

30 Olimpiada

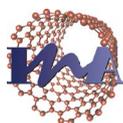
*ESPAÑOLA DE
FÍSICA*

FASE DE ARAGÓN



2ª PRUEBA

1 de marzo de 2019



Instituto Universitario de Investigación
en Nanociencia de Aragón
Universidad Zaragoza



Instituto Universitario de Investigación
en Ingeniería de Aragón
Universidad Zaragoza



icma
Instituto de Ciencia
de Materiales de Aragón



Cátedra Inycom
Universidad Zaragoza



Inycom



Cátedra J.M.S.
Divulgación Científica

Subvenciona:



cofis
Colegio Oficial de Físicos



iberCaja
Obra Social



**GOBIERNO
DE ARAGON**

Departamento de Educación,
Cultura y Deporte

Objetivo

En ocasiones interesa reducir la intensidad de un haz de luz, para lo que puede emplearse un filtro comercial de gelatina. Cuando un haz de luz de intensidad I_0 incide sobre una de las caras planas del filtro, parte de la luz se transmite y emerge por la otra cara con una intensidad inferior I_1 (figura 1).

La intensidad luminosa se ve reducida en un factor T , menor que la unidad, denominado *transmitancia* del filtro

$$I_1 = T I_0 \tag{1}$$

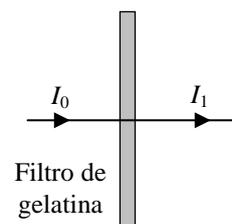


Fig. 1

El objetivo de esta prueba experimental es determinar la transmitancia de un filtro *neutro* (con T aproximadamente independiente de la longitud de onda en el visible) por dos procedimientos diferentes.

Modelo teórico

Teniendo en cuenta (1), cuando el haz de luz atraviesa un conjunto de n filtros iguales, la intensidad transmitida final es

$$I_n = T^n I_0 \tag{2}$$

Esta intensidad transmitida se mide con un fotodetector. Supondremos que la diferencia de potencial V entre sus terminales de salida es directamente proporcional a dicha intensidad, y puede ser medida con un voltímetro. En consecuencia, la expresión (2) se transforma en

$$V_n = T^n V_0 \tag{3}$$

donde V_n es la lectura del voltímetro cuando se interponen n filtros.

Procedimiento experimental¹

El sistema consta de dos circuitos: el primero está formado por una pila, una resistencia y un led que actúa como emisor de luz, y el segundo lo constituye otro led, que actúa como fotodetector, conectado a un polímetro en función de voltímetro (figura 2).

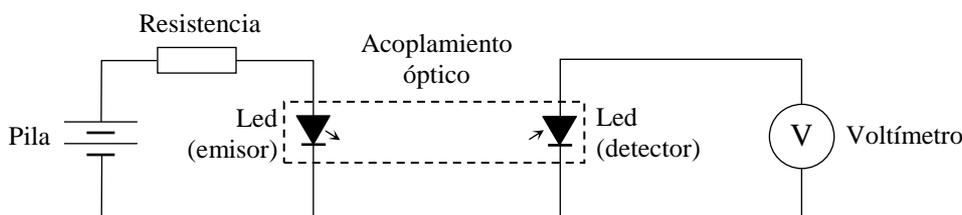


Fig. 2

Aunque un led es un emisor de luz (light-emitting diode), también es capaz de actuar como fotodetector (de baja eficiencia). Si la intensidad luminosa se mantiene por debajo de cierto nivel, su respuesta es aproximadamente lineal, es decir la diferencia de potencial entre sus terminales es directamente proporcional a la intensidad luminosa recibida.

¹ Esta prueba experimental se realizó en la XXVII OEF de Sevilla en 2016. Allí, los participantes tuvieron que trabajar con el montaje experimental que a continuación se describe brevemente.

Los dos circuitos anteriores se acoplan ópticamente mediante un tubo (figura 3) para mantener fija la distancia entre emisor y detector y apantallar la luz ambiente. El tubo tiene una ranura transversal en la que se colocan los filtros.

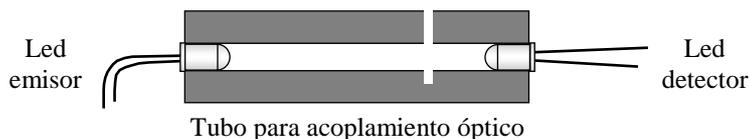


Fig. 3

Primer procedimiento para determinar T .

Sin ningún filtro en la ranura del tubo ($n = 0$) se anota el valor indicado por el voltímetro, V_0 . Se coloca un filtro en la ranura ($n = 1$) y se toma la medida del voltímetro, V_1 . Se añade un segundo filtro ($n = 2$) y se mide V_2 , etc. hasta acumular ocho filtros en la ranura. Los resultados se presentan en la siguiente tabla:

Nº de filtros, n	0	1	2	3	4	5	6	7	8
V_n (mV)	277	192	131	89	60	40	26	17	11

- Transforma la expresión (3), para obtener una dependencia lineal entre una función de V_n y n .
Ayuda: toma logaritmos en (3)
- Representa gráficamente en el papel milimetrado los puntos correspondientes a esta dependencia lineal, con n en abscisas.
- Determina la pendiente, p , de la recta que mejor se ajuste a esos puntos.
- A partir del resultado anterior, deduce el valor de la transmitancia de un filtro, T .
- Haz una estimación de la incertidumbre de T .

Segundo procedimiento para determinar T .

La transmitancia de un filtro también puede determinarse a partir de dos medidas consecutivas con n y $n+1$ filtros. Teniendo en cuenta (3), es evidente que

$$T = \frac{V_{n+1}}{V_n} \quad (4)$$

- Aplicando (4) a parejas consecutivas de tus nueve medidas, $V_0, V_1 \dots V_8$, calcula los ocho valores correspondientes de T .
- Mediante un tratamiento estadístico, calcula el valor más fiable de la transmitancia T de un filtro, y su margen de incertidumbre.

Prueba experimental. Solución

Medidas y magnitudes derivadas:

Nº de filtros, n	V_n (mV)	$\ln V_n$	V_{n+1}/V_n
0	277	5,62	0,693
1	192	5,26	0,682
2	131	4,88	0,679
3	89	4,49	0,674
4	60	4,09	0,667
5	40	3,69	0,650
6	26	3,26	0,654
7	17	2,83	0,647
8	11	2,40	

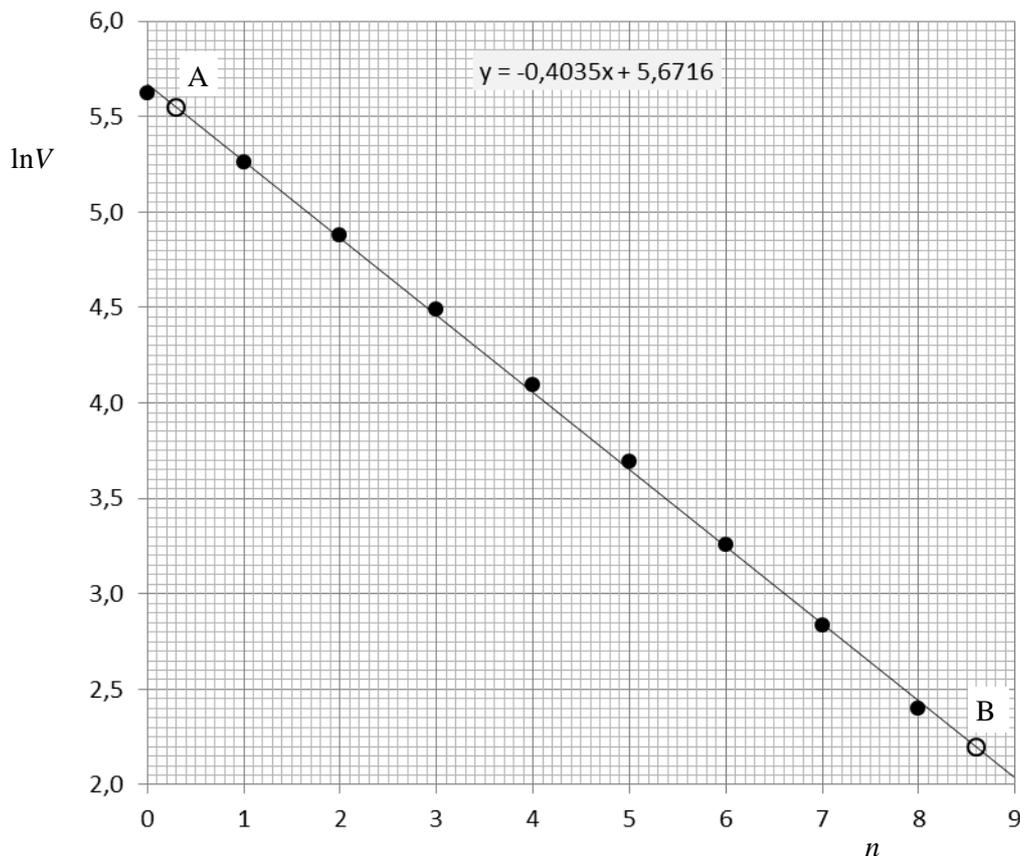
- a) Tomando logaritmos (por ejemplo neperianos) en la ecuación (3) se tiene

$$\ln V_n = \ln V_0 + n \ln T \quad (4)$$

Por tanto, se espera una dependencia lineal entre $y = \ln V_n$ y $x = n$, con pendiente $p = \ln T$.

Los valores de $\ln V_n$ se presentan en la tercera columna de la tabla anterior

- b, c) Gráfica y ajuste a una recta

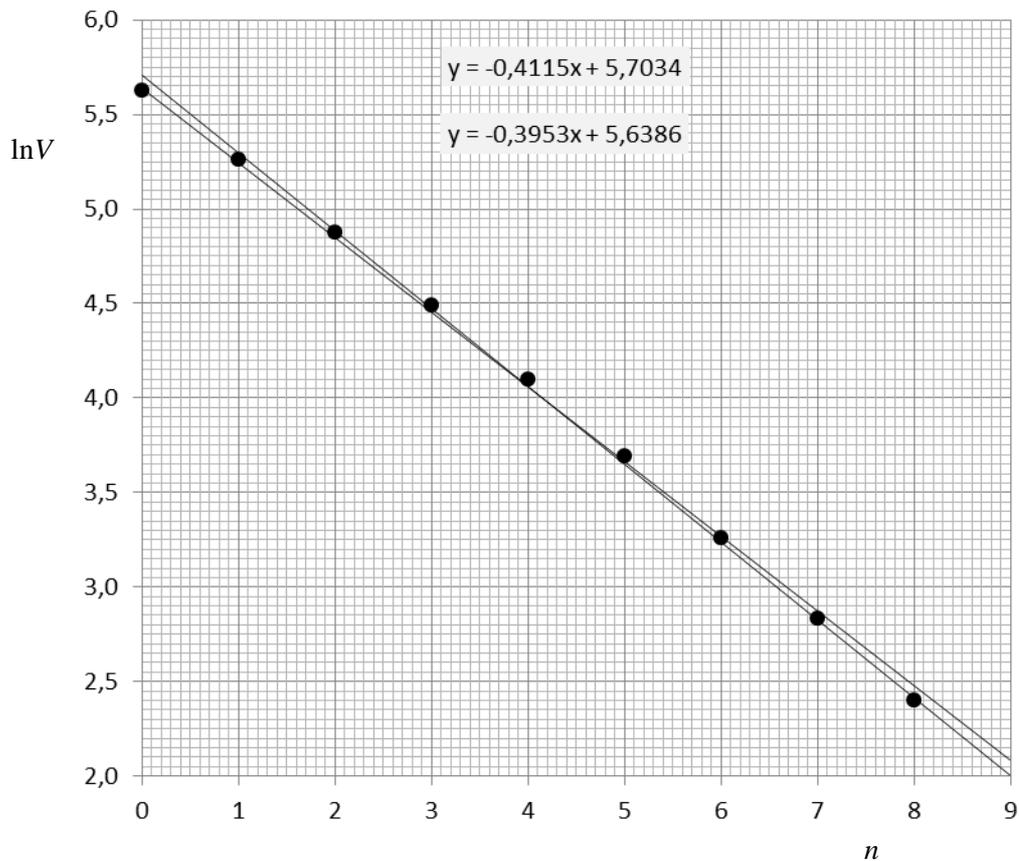


Ajuste “manual”. Puntos auxiliares alejados sobre la mejor recta: A(0,30; 5,55) , B(8,60; 2,20)

$$\text{Pendiente: } p = \frac{y_B - y_A}{x_B - x_A} = -0,4036$$

El valor de p obtenido con un ajuste por “mínimos cuadrados” se muestra en la gráfica.

- d) Transmitancia: $T = e^p = 0,6680$
- e) Rectas con pendientes máxima y mínima que se ajustan razonablemente a los puntos experimentales y pasan por² el “centro” $(\bar{x}; \bar{y}) = (4,00; 4,06)$



Pendientes extremas: $p_{\max} = -0,3953$, $p_{\min} = -0,4115$

Transmitancias extremas: $T_{\max} = e^{-0,3953} = 0,6735$, $T_{\min} = e^{-0,4115} = 0,6627$

$$\Delta T = \frac{T_{\max} - T_{\min}}{2} = 0,0054 \quad \boxed{T = 0,668 \pm 0,005}$$

- f) Los ocho valores de T calculados como V_{n+1} / V_n se presentan en la última columna de la tabla.
- g) El valor más fiable es la media de estos ocho valores.

$$\bar{T} = 0,6683$$

Estimación de incertidumbre: error típico (incertidumbre estándar de la media)

$$\sigma_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (T_i - \bar{T})^2}{N(N-1)}} = 0,0059 \quad \boxed{T = 0,668 \pm 0,006}$$

Nota1: La transmitancia nominal del filtro empleado (filtro neutro ROSCO 298.15) es $T = 0,67$.

Nota 2: En la última columna de la tabla de datos se aprecia una dispersión no aleatoria respecto a la media, probablemente debida a una falta de linealidad del detector empleado.

² En el tratamiento analítico del ajuste a una recta por mínimos cuadrados se demuestra que la mejor recta siempre pasa por el punto promedio de los experimentales.