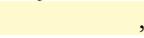


PROBLEMAS DE EFECTO FOTOELÉCTRICO

Ejemplo de resolución con la hoja de cálculo: «[FotoelectricoEs.ods](#)»

El autor pretende que las personas que empleen la hoja de cálculo: «FotoelectricoEs.ods» intenten resolver un problema habitual de las Pruebas de Acceso a la Universidad (A.B.A.U.), en la materia «Efecto fotoeléctrico», al tiempo que se habitúen al uso de una hoja de cálculo. Si solo quieren ver las respuestas de un ejercicio en el que pueden elegir los datos y las incógnitas, podrán encontrarlas haciendo clic en la pestaña  **Calculos** de la parte inferior de la hoja de cálculo.

● Comienzo

El documento debería mostrar la página «Enunciado», para poder comenzar a elegir datos e incógnitas. Puede ir a cualquiera de las páginas bajo la celda que contiene **Ir a...**, arriba en el centro de la hoja «Enunciado», manteniendo pulsada la tecla «Ctrl» mientras hace clic en una de las celdas de color , o haciendo clic en cualquiera de las pestañas en la parte inferior de la hoja.

 Introd	 Ayuda	 Enunciado	 Calculos
---	--	--	---

La pestaña «Introd» contiene una advertencia de empleo de macros, ciertas instrucciones elementales, un enlace a la página de ayuda, algunas aclaraciones y el repertorio de funciones que se emplean.

La pestaña «Ayuda» contiene una ayuda más detallada y aclaraciones.

La pestaña «Enunciado» contiene el enunciado del problema, en el que puede elegir datos e incógnitas.

La pestaña «Calculos» contiene los resultados, junto con las ecuaciones necesarias para los mismos.

Si desea comenzar con un problema, y la página que está a la vista no es «Enunciado», mantenga pulsada la tecla «Ctrl» mientras hace clic en la celda **Enunciado** arriba a la derecha, o haga clic en la pestaña

 **Enunciado** en la parte inferior entre «Ayuda» y «Calculos».

● Borrado de datos anteriores

Si la hoja «Enunciado» contiene datos que no le interesan, haga clic con ratón en el botón **Borrar datos** y haga clic en el botón **Aceptar** del cuadro de diálogo que aparecerá.

También puede ir al menú

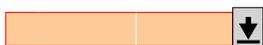
Editar → Seleccionar → Seleccionar celdas sin protección

y presionar en la tecla **Supr.**

Se borrarán todos los datos y aparecerán las opciones por defecto.

● Datos

Elija los datos en cualquiera de las dos celdas de color salmón y borde rojo  bajo **Datos**.

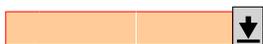
Haga clic con el ratón en la celda, haga clic en la flecha de la derecha , y elija la magnitud entre las propuestas.

Haga clic en las celdas de color blanco y borde azul, , y escriba en ellas los valores de los datos. Puede escribir valores en notación científica con el formato habitual de la hoja de cálculo «0,00E+00» o en formato de texto. En el primero caso, el valor $5,98 \cdot 10^{14}$ se escribiría: 5,98E14.

En el segundo caso, para escribir superíndices, presiona la tecla «^» antes de cada cifra o signo. El punto de multiplicación «·» se obtiene con la combinación de teclas « \uparrow »3 (mayúsculas 3). Así, para obtener $5,98 \cdot 10^{14}$, escriba 5,98 « \uparrow »3 10^1 ^4 y borre los espacios. También puede seleccionar con el ratón el dato $5,98 \cdot 10^{14}$, presionar juntas las teclas «Ctrl» C, para copiarlo, hacer clic en la celda da hoja de cálculo, presionar juntas las teclas

«Ctrl» « \uparrow » V, (pegado especial) y elegir «Texto sin formato».

Elija las unidades en las celdas de color salmón y borde rojo , a la derecha de los valores.

Haga clic con el ratón en la celda, haga clic en la flecha de la derecha , y elija la unidad idónea.

● Incógnitas

Elija las incógnitas en cualquiera de las dos celdas de color salmón y borde rojo , bajo **Incógnitas**.

Haga clic con el ratón en la celda, haga clic en la flecha de la derecha , y elija la magnitud entre las propuestas.

● Cálculos intermedios e incógnitas

Aparecerán bajo **Cálculos intermedios** las magnitudes que deberán calcularse antes de las incógnitas. Si quiere mostrar los resultados con un número de cifras significativas distinto de 3, haga clic en la celda de color blanco y borde azul y escriba en ella el número de cifras significativas con el que desea que aparezcan los resultados en la celda: cifras significativas.

Si la deja en blanco, los resultados aparecerán con 3 cifras significativas.

Haga clic en las celdas de color blanco y borde azul, , y escriba en ellas los valores.

Puede escribir fórmulas en esas celdas. Deberá comenzar con el signo «=» seguido con un número o una referencia a una celda, y los operadores «+», «-», «*» o «/» junto con otros números o referencias. Puede emplear las letras «q», «m», «h» y «v», en vez de las referencias C7, C8, C9 o C10, o escribir los valores de esas constantes.

Elija las unidades en las celdas de color salmón y borde rojo , a la derecha de los valores.

Haga clic con el ratón en la celda, haga clic en la flecha de la derecha , y elija la unidad idónea.

A la derecha de **Completado**, aparece el porcentaje resuelto del ejercicio.

● Cálculos

En la página «Calculos» aparecen las respuestas. Si quiere consultarlas, mantenga pulsada la tecla «Ctrl» mientras hace clic en la opción **Cálculos** que se encuentran en la parte superior del centro de la página, o haga clic en la pestaña inferior  **Calculos**.

◊ **Problemas**

1. La longitud de onda máxima capaz de producir efecto fotoeléctrico en un metal, es 4500 Å:

- a) Calcule el trabajo de extracción.
- b) Calcule el potencial de frenado si la luz incidente es de $\lambda = 4000 \text{ \AA}$.
- c) ¿Habría efecto fotoeléctrico con luz de $5 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$?

Datos: $e = -1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $h = 6,63 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$; $1 \text{ \AA} = 10^{-10} \text{ m}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$

(P.A.U. jun. 10)

Rta.: a) $W_0 = 4,4 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; b) $V = 0,34 \text{ V}$

Ecuaciones

Puede ver las ecuaciones a emplear haciendo clic en la celda de color salmón a la derecha de Ir a..., clic en la flecha de la derecha y eligiendo «Ecuaciones».

A	B	C	D	E	F	G	H
Efecto fotoeléctrico	Completado	0 %				Ir a...	

Ayuda

Puede ver la ayuda haciendo clic en la celda «J1», clic en la flecha de la derecha y eligiendo «Ayuda».

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Efecto fotoeléctrico	Completado	0 %				Ir a...			

Introducción de datos.

Si hay datos de otro problema, puede borrarlos todos, en LibreOffice 6.4 o posterior, eligiendo en el menú: Editar > Seleccionar > Seleccionar celdas desprotegidas y presionando la tecla «Supr».

También puede borrarlas haciendo clic con el ratón en el botón **Borrar datos** y clic en el botón **Aceptar** del cuadro de diálogo que aparecerá.

La hoja de cálculo: «FotoelectricoEs.ods» no admite la unidad Å, por lo que habrá que convertir esas cantidades a metros o nanómetros.

Haga clic en las celdas de color salmón de la izquierda y elija una magnitud entre las propuestas. Escriba el valor de la magnitud. Haga clic en las celdas de color salmón de la derecha y elija una unidad entre las propuestas.

Escriba los valores haciendo clic en las celdas de color blanco y elija las unidades haciendo clic en las celdas de color salmón a su derecha.

Haga clic en la celda color salmón debajo de «Datos» y elija **Longitud de onda umbral**.

Para escribir la longitud de onda umbral haga clic en la celda de color blanco a la derecha de $\lambda_0 =$ y teclee: 450 (si va a escoger cómo unidad nm) o $4,5 \cdot 10^{-7}$ (si escoge m). En este caso escriba $4,5 \llbracket 3 \text{ } 10^{-7}$ y borre los espacios. También puede escribir 4,5E-7, que aparecerá en la hoja como 4,50E-07.

Haga algo similar para la longitud de onda de los fotones. Por ejemplo escriba $4 \cdot 10^{-7}$ y borre los espacios. Elija «m».

Datos	
Longitud de onda umbral	$\lambda_0 =$ <input type="text" value="450"/> <input type="text" value="nm"/>
Longitud de onda de los fotones	$\lambda =$ <input type="text" value="4 \cdot 10^{-7}"/> <input type="text" value="m"/>

Introducción de incógnitas.

Incógnitas	3 cifras significativas
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>
<input type="text"/>	<input type="text"/>

Haga clic en las celdas de color salmón y elija una opción entre las propuestas, haciendo clic en la flecha de la derecha que aparecerá.

En las dos primeras, puede elegir entre las magnitudes que aparecen en la lista de opciones. En la tercera solo puede elegir «Longitud de onda de De Broglie».

En este problema deberá elegir: «Trabajo de extracción» para el apartado a) y «Potencial de frenado de los electrones», para el apartado b).

Aparecerán las magnitudes que deberá calcular antes de las incógnitas:

Cálculos intermedios		3 cifras significativas
Frecuencia umbral	$f_o =$	<input type="text"/>
Frecuencia de los fotones	$f =$	<input type="text"/>
Energía de los fotones	$E =$	<input type="text"/>
Energía cinética de los electrones	$E_e =$	<input type="text"/>

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la izquierda de **cifras significativas**. Escriba, si lo desea, el número de cifras significativas con que quiere que aparezcan los resultados. Si no lo hace, aparecerán con tres cifras significativas.

Deberá calcular primero la **frecuencia umbral**.

Haga clic en la celda de color salmón y elija «Hz». Desaparecerá el mensaje ¡UNIDAD!

La ecuación es: $c = \lambda \cdot f$. Despejando la frecuencia:

$$f = \frac{c}{\lambda}$$

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de $f_o =$ y escriba: «=v/(C4*1E-9)».

Frecuencia umbral	$f_o =$	=v/(C4*1E-9) Hz
-------------------	---------	-----------------

«v» representa la velocidad de la luz en el vacío. (LibreOffice no permite asignarle la letra «c»)

Velocidad de la luz en el vacío (c)	v =	299 792 458 m/s	3,00·10 ⁸ m/s
-------------------------------------	-----	-----------------	--------------------------

«C4» es la celda donde se encuentra la longitud de onda umbral «450» expresada en nm.

Habrà que convertir los «nm» en «m» multiplicando por 10⁻⁹.

$$450 \text{ nm} = 450 \cdot 10^{-9} \text{ m}$$

Si no quiere emplear la letra «v» para la velocidad de la luz, puede hacer clic en la celda de color blanco y teclear «=», hacer clic en la celda «C10», que contiene el valor de la velocidad de la luz, y escribir «/(>», hacer clic en la celda «C4», que contiene la longitud de onda umbral, escribir «*1E-9)», y presionar la tecla «↵» («Intro»).

En la línea de entrada, la fórmula que aparece es «=C10/(C4*0,000000001)».

El resultado que se muestra es:

Frecuencia umbral	$f_o =$	6,662055E+14 Hz	6,66·10 ¹⁴ Hz	√
-------------------	---------	-----------------	--------------------------	---

El primer número es el resultado de la fórmula que escribimos en formato de hoja de cálculo. A su derecha aparece escrita de la manera habitual, con las cifras significativas que elegimos.

El signo «√» a la derecha indica que el resultado es el correcto.

Siga el mismo procedimiento para **la frecuencia de los fotones**.

Haga clic en la celda de color salmón y elija «Hz».

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de $f =$ y escriba: «=v/AVALOR(C5)».

Frecuencia de los fotones	$f =$	=v/AVALOR(C5) Hz
---------------------------	-------	------------------

«v» representa la velocidad de la luz en el vacío. (LibreOffice no permite asignarle la letra «c»)

«C5» es la celda donde se encuentra la longitud de onda «4·10⁻⁷» escrita en un formato que la hoja de cálculo no entiende.

AVALOR() es una función de las macros que convierte un texto con aspecto de número en un número.

$$\text{AVALOR}("4 \cdot 10^{-7}") = 4\text{E}-07$$

Si no quiere emplear la letra «v» para la velocidad de la luz, puede hacer clic en la celda de color blanco y teclear «=», hacer clic en la celda «C10», que contiene el valor de la velocidad de la luz, y escribir «/AVALOR(>», hacer clic en la celda «C5», que contiene la longitud de onda de los fotones, escribir «>», y presionar la tecla «↵» («Intro»).

En la línea de entrada, la fórmula que aparece es «=C10/AVALOR(C5)».

El resultado que se muestra es:

Frecuencia de los fotones	$f =$	7,494811E+14 Hz	7,49·10 ¹⁴ Hz	✓
---------------------------	-------	-----------------	--------------------------	---

La hoja de cálculo no hará desaparecer los mensajes ¡UNIDAD! y ¡CÁLCULO!, aunque el cálculo sea correcto, mientras no elija las unidades adecuadas.

Ahora deberá calcular la energía **de los fotones**.

La ecuación es: $E = h \cdot f$.

Haga clic en la celda de color salmón y elija «J».

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de $E =$ y escriba: «=h*C13».

También puede comenzar escribiendo «=h*», hacer clic con el ratón en la celda «C13» donde se encuentra la frecuencia, y presionar la tecla ← («Intro»).

Energía de los fotones	$E =$	=h*C13 J		
------------------------	-------	----------	--	--

«h» representa la constante de Planck.

Constante de Planck	$h =$	6,62607E-34 J·s	6,63·10 ⁻³⁴ J·s
---------------------	-------	-----------------	----------------------------

«C13» es la celda donde se encuentra la frecuencia.

Si no quiere emplear la letra «h» para la constante de Planck, puede hacer clic en la celda de color blanco y teclear «=», hacer clic en la celda «C9» que contiene el valor de la constante de Planck y escribir «*», hacer clic en la celda «C13» que contiene la frecuencia de los fotones, y presionar la tecla ← («Intro»)

En la línea de entrada, la fórmula que aparece es «=C9*C13».

El resultado que se muestra es:

Energía de los fotones	$E =$	4,966115E-19 J	4,97·10 ⁻¹⁹ J	✓
------------------------	-------	----------------	--------------------------	---

Para poder calcular la **energía cinética de los electrones** es necesario calcular antes el **trabajo de extracción**, que aparece bajo **Incógnitas**.

La ecuación del el trabajo de extracción es: $W_0 = h \cdot f_0$.

Haga clic en la celda de color salmón y elija «J».

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de $W_0 =$ y escriba: «=h*C12».

Incógnitas			3 cifras significativas
-------------------	--	--	-------------------------

Trabajo de extracción	$W_0 =$	=h*C12 J		
-----------------------	---------	----------	--	--

«C12» es la celda donde se encuentra la frecuencia umbral.

Si no quiere emplear la letra «h» para la constante de Planck, puede hacer clic en la celda de color blanco y teclear «=», hacer clic en la celda «C9» que contiene el valor de la constante de Planck y escribir «*», hacer clic en la celda «C12» que contiene la frecuencia umbral, y presionar la tecla ← («Intro»)

En la línea de entrada, la fórmula que aparece es «=C9*C12».

El resultado que se muestra es:

Trabajo de extracción	$W_0 =$	4,414324E-19 J	4,41·10 ⁻¹⁹ J	✓
-----------------------	---------	----------------	--------------------------	---

El último cálculo intermedio es el de la **energía cinética de los electrones**.

Se hace con la ecuación de Einstein del efecto fotoeléctrico: $E = W_0 + E_e$.

Despejando la energía de los electrones: $E_e = E - W_0$

Haga clic en la celda de color salmón y elija «J».

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de $E_e =$ y escriba: «=C14 - C18».

También puede comenzar escribiendo «=», hacer clic con el ratón en la celda «C14» donde se encuentra la energía de los fotones, escribir el signo «-», hacer clic con el ratón en la celda «C18» donde se encuentra el trabajo de extracción, y presionar la tecla ← («Intro»).

Energía cinética de los electrones	$E_e =$	= C14 - C18 J		
------------------------------------	---------	---------------	--	--

«C14» es la celda donde se encuentra la energía de los fotones y «C18» la celda con el trabajo de extracción.

El resultado que se muestra es:

Energía cinética de los electrones	$E_e =$	5,517905E-20 J	5,52·10 ⁻²⁰ J	✓
------------------------------------	---------	----------------	--------------------------	---

Ahora ya puede calcular el resultado que falta.

El **potencial de frenado de los electrones** se calcula a partir de la energía cinética de los electrones.

La ecuación es: $E_e = q_e \cdot V_e$. Despejando: $V_e = \frac{E_e}{q_e}$

Haga clic en la celda de color salmón y elija «V».

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de $V_e =$ y escriba: «=C15/q».

También puede comenzar escribiendo «=», hacer clic con el ratón en la celda «C15» donde se encuentra la energía cinética de los electrones, escribir «/», hacer clic con el ratón en la celda «C9», que contiene el valor absoluto de la carga del electrón, y presionar la tecla \leftarrow («Intro»).

Potencial de frenado de los electrones $V_e =$ =C15/q m/s

«q» representa el valor absoluto de la carga del electrón.

Carga del electrón (en valor absoluto) $|q_e| =$ 1,60218E-19 C 1,60·10⁻¹⁹ C

«C15» es la celda donde se encuentra la energía cinética de los electrones.

El resultado que se muestra es:

Potencial de frenado de los electrones $V_e =$ 0,34440 055 V 0,344 V \sqrt

Si la incógnita fuera la **velocidad de los electrones**, tendría que hacer clic en una de las incógnitas, por ejemplo «Potencial de frenado de los electrones» y cambiarla por:

Velocidad máxima de los electrones

La velocidad **de los electrones** se calcularían a partir de la energía cinética.

La ecuación es: $E_e = \frac{1}{2} m_e \cdot v_e^2$. Despejando: $v_e = \sqrt{\frac{2 \cdot E_e}{m_e}}$

Haga clic en la celda de color salmón y elija «m/s».

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de $v_e =$ y escriba la fórmula:

«=RAIZC(2*C15/m)».

Velocidad máxima de los electrones $v_e =$ =RAIZ(2*C15/m) m/s

«RAIZ», es una función de LibreOffice, que calcula la raíz cuadrada de un número o de una expresión.

«C15» es la celda donde se encuentra la energía de los electrones.

«m» representa la masa del electrón.

Masa del electrón $m_e =$ 9,10938E-31 kg 9,11·10⁻³¹ kg

Si no quiere emplear la letra «m» para la masa del electrón, puede hacer clic en la celda de color blanco y teclear

«=RAIZ(2*», hacer clic en la celda «C15» que contiene el valor de la energía de los electrones, escribir «/», hacer clic en la celda «C8» que contiene la masa del electrón, escribir «)», y presionar la tecla \leftarrow («Intro»)

En la línea de entrada, la fórmula que aparece es «=RAIZ(2*C15/C8)».

El resultado que se muestra es:

Velocidad máxima de los electrones $v_e =$ 348 062,82 m/s 3,48·10⁵ m/s \sqrt

Aunque no pertenece al tema de efecto fotoeléctrico, el cálculo de la longitud de onda de De Broglie de los electrones emitidos aparece en algún problema de las pruebas de acceso.

Puede elegir calcular la **longitud de onda de De Broglie de los electrones emitidos** haciendo clic en la tercera celda de color salmón bajo **Incógnitas**, y escoger esta opción.

Para poder calcularla, tiene que haber calculado la velocidad máxima de los electrones.

Haga clic en la celda de color salmón y elija «m».

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de λ_b y escriba: «=h/(m*C19)».

También puede comenzar escribiendo «=h/(m*», hacer clic con el ratón en la celda «C19» donde se encuentra la velocidad máxima de los electrones., escribir «)», y presionar la tecla \leftarrow («Intro»).

Longitud de onda de De Broglie $\lambda_b =$ =h/(m*C19) m

«h» representa la constante de Planck, y «m» se refiere al valor de la masa del electrón.

«C19» es la celda donde se encuentra la velocidad máxima de los electrones.

Si no quiere emplear las letras «h» y «m» para la constante de Planck y la masa del electrón, puede hacer clic en la celda de color blanco y teclear «=», hacer clic en la celda «C9» que contiene el valor de la constante de Planck y escribir «/(», hacer clic en la celda «C8» que contiene la masa del electrón, escribir «*»,

hacer clic en la celda «C19» que contiene la velocidad máxima de los electrones, escribir «)», y presionar la tecla «Intro».

En la celda de color blanco, la fórmula que aparece es «=C9/(C8*C9)».

El resultado que se muestra es:

Longitud de onda de De Broglie $\lambda_b =$ m

Si deseara elegir como unidad «nm» en vez de «m», debe incluir en la fórmula «*1E-9». La fórmula ahora sería: «=C9/(C8*C9)*1E9».

Para resolver el último apartado de este problema:

c) ¿Habría efecto fotoeléctrico con luz de $5 \cdot 10^{14}$ Hz?

cambie el segundo de los datos de la hoja, haciendo clic en:

Longitud de onda de los fotones

clic en la flecha de la derecha , y elija:

Frecuencia de los fotones

Haga clic en la celda de color salmón de la derecha y elija «Hz». Desaparecerá el mensaje **¡UNIDAD!**.

Haga clic en la celda de color blanco y borde azul a la derecha de $f =$ y escriba: «5E14».

En la hoja se verá como:

Frecuencia de los fotones $f =$ Hz

A la derecha de «Incógnitas» puede ver que no se produce el efecto fotoeléctrico.

Incógnitas No se produce 3 cifras significativas

Aparece un error en la «Velocidad máxima de los electrones».

Velocidad máxima de los electrones $v_e =$ m/s

Si el dato fuera una frecuencia superior a la frecuencia umbral el resultado de la velocidad de los electrones tendría un valor en vez de un error.

Sumario

PROBLEMAS DE EFECTO FOTOELÉCTRICO.....	1
● <i>Comienzo.....</i>	<i>1</i>
● <i>Borrado de datos anteriores.....</i>	<i>1</i>
● <i>Datos.....</i>	<i>1</i>
● <i>Incógnitas.....</i>	<i>2</i>
● <i>Cálculos intermedios e incógnitas.....</i>	<i>2</i>
● <i>Cálculos.....</i>	<i>2</i>
◇ PROBLEMAS.....	3
1. La longitud de onda máxima capaz de producir efecto fotoeléctrico en un metal, es 4500 Å:.....	3