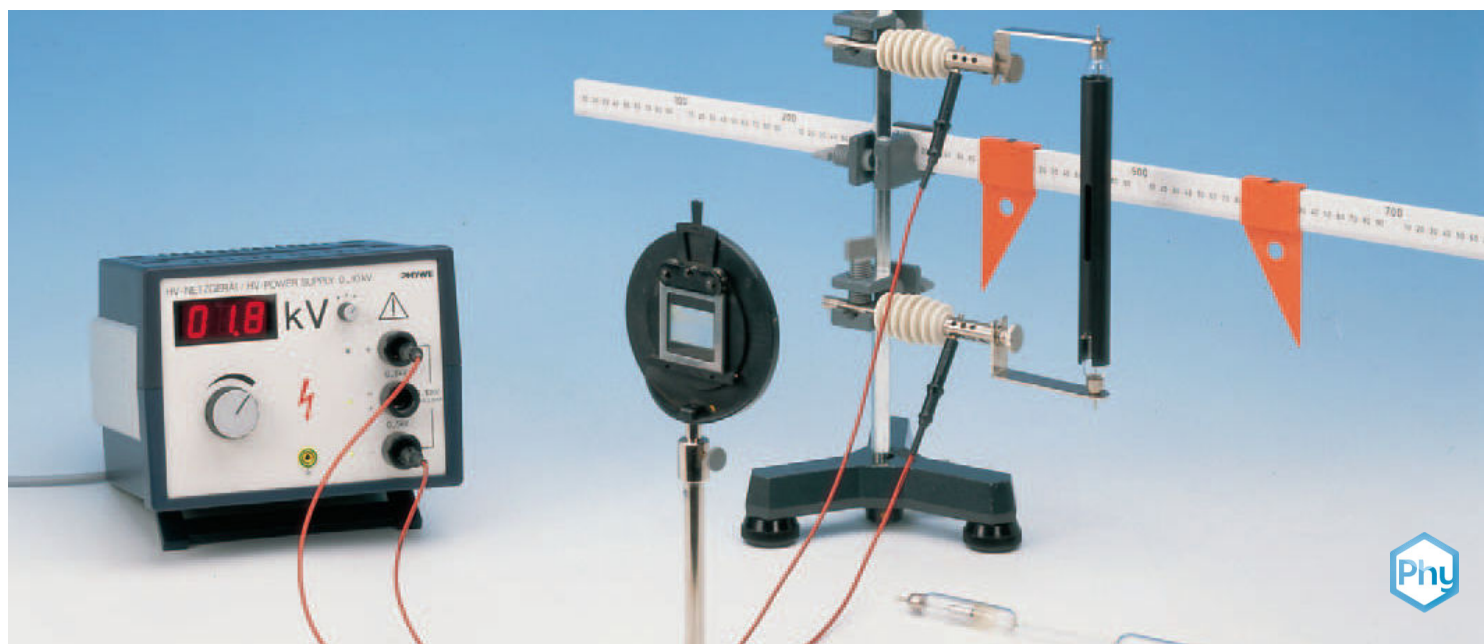


Espectro atómico de sistema de dos electrones: He y Hg



Física

La Física Moderna

Física atómica y molecular



Nivel de dificultad

difícil



Tamaño del grupo

2



Tiempo de preparación

45+ minutos



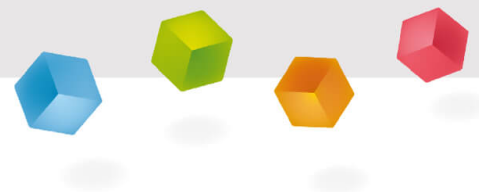
Tiempo de ejecución

45+ minutos

This content can also be found online at:

<https://www.curriculab.de/c/68a5bfff105f460002eef467>

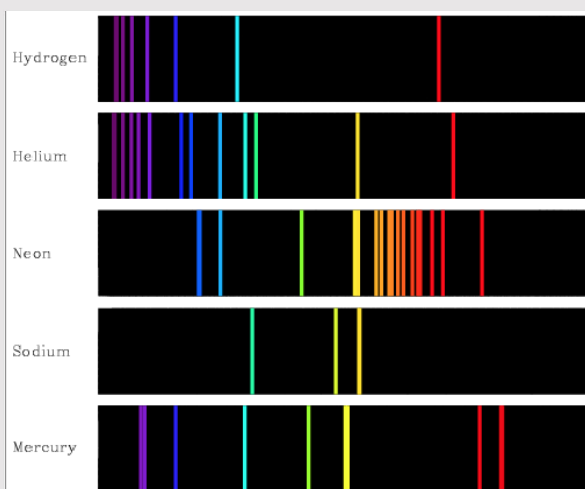
PHYWE



Información general

Aplicación

PHYWE



Espectros de emisión

El concepto de espectro atómico es importante en espectroscopia astronómica para detectar la presencia de hidrógeno en el universo. Las líneas espectrales pueden aparecer cuando los átomos y las moléculas emiten y absorben radiación a distintas longitudes de onda, dependiendo de la naturaleza del objeto.

Esas líneas espectrales de un espectro proporcionan a los astrónomos información sobre las propiedades físicas del objeto, como su composición química, densidad, masa, temperatura, etc.

Otra información (1/2)

PHYWE

Conocimientos

previos



Principio



Un electrón sólo existe en un nivel de energía específico que se designa con un número cuántico n . Si se emiten fotones con suficiente energía sobre un átomo, sus electrones absorben los fotones y saltan al nivel de energía superior. Del mismo modo, los electrones pueden descender a niveles de energía inferiores emitiendo fotones de determinadas frecuencias. La luz de los fotones emitidos se observa como líneas espectrales que dan información sobre el átomo.

Las líneas espectrales de He y Hg se examinan mediante una rejilla de difracción. Las longitudes de onda de las líneas se determinan a partir de la disposición geométrica y las constantes de la rejilla de difracción.

Otra información (2/2)

PHYWE

Objetivos



Tareas



Comprender la estructura energética de un átomo midiendo las longitudes de onda de la luz emitida cuando el átomo realiza transiciones entre estados energéticos.

1. Determinación de las longitudes de onda de las líneas espectrales más intensas del He.
2. Determinación de las longitudes de onda de las líneas espectrales más intensas del

Instrucciones de seguridad

PHYWE

Para este experimento se aplican las instrucciones generales para la experimentación segura en las clases de ciencias.

Para las frases H y P, consulte la hoja de datos de seguridad del producto químico correspondiente.

No toque los tubos de descarga si están enchufados durante el experimento, y deje que se enfríen antes de retirarlos de la fuente de alimentación.

Teoría (1/8)

PHYWE

Si la luz de longitud de onda λ incide sobre una rejilla con una constante de rejilla k , se difracta. Los máximos de intensidad se producen si el ángulo de difracción satisface la condición:

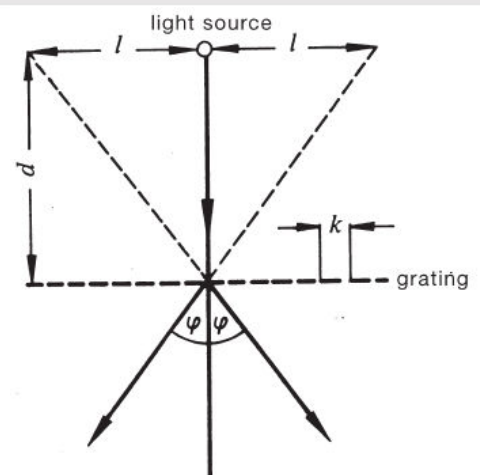
$$n\lambda = k \cdot \sin \phi ; n = 0, 1, 2, \dots$$

A partir de la figura, tenemos $\sin \phi = \frac{l}{\sqrt{d^2 + l^2}}$

y por lo tanto

$$\lambda = \frac{k l}{\sqrt{d^2 + l^2}}$$

para la difracción de primer orden.



Difracción de la luz de longitud de onda λ en la rejilla

Teoría (2/8)

PHYWE

La excitación de los átomos de He y Hg es el resultado del impacto de electrones. La diferencia de energía producida cuando los electrones pasan del estado excitado E_1 al estado base E_0 se emite como un fotón con una frecuencia f .

$$h \cdot f = E_1 - E_0$$

donde h es la constante de Planck ($h = 6.63 \cdot 10^{-34} \text{ Js}$).

El operador Hamiltoniano (no relativista) para los dos electrones 1 y 2 del átomo de He es:

$$H = -\frac{\hbar^2}{2m} \Delta_1 - \frac{\hbar^2}{2m} \Delta_2 - \frac{2e^2}{|\vec{r}_1|} - \frac{2e^2}{|\vec{r}_2|} + \frac{2e^2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}$$

donde $\hbar = \frac{h}{2\pi}$, m y e representan la masa y la carga del electrón respectivamente.

Teoría (3/8)

PHYWE

$$\Delta_i = \frac{d^2}{dx_i^2} + \frac{d^2}{dy_i^2} + \frac{d^2}{dz_i^2}$$

es el operador de Laplace, y $\vec{r}_i$ es la posición del i -ésimo electrón. La energía de interacción espín-órbita

$$E_{so} \propto \frac{Z^4}{4 \cdot (137)^2}$$

se ignoró en el caso de la carga nuclear $Z = 2$ del helio, porque es pequeño cuando Z es pequeño.

Si consideramos $\frac{e}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|}$ como el término de interacción electrón-electrón, entonces los valores propios del operador hamiltoniano sin interacción son los del átomo de hidrógeno:

Teoría (4/8)

PHYWE

$$E_{l,m}^0 = -\frac{me^2}{8h} \left(\frac{1}{n^2} + \frac{1}{m^2} \right) \quad n, m = 1, 2, 3 \dots$$

Como la probabilidad de transición para la excitación simultánea de dos electrones es muy inferior a la de la excitación de un electrón, el espectro de energía del sistema sin interacción es:

$$E_{l,m}^0 = -\frac{me^2}{8h} \left(1 + \frac{1}{m^2} \right) \quad m = 1, 2$$

El término de interacción elimina la degeneración del momento angular del espectro del hidrógeno puro, y la degeneración de la energía de intercambio. Resulta un ajuste energético:

$$E_{nl\pm}^0 = \langle \phi_{nl\alpha}^{\pm} | \frac{e^2}{|\vec{r}_1 - \vec{r}_2|} | \phi_{nl\alpha}^{\pm} \rangle = C_{nl} \pm A_{nl}$$

Teoría (5/8)

PHYWE

en el que $\phi_{nl\alpha}^{\pm}$ son las funciones de onda no perturbadas de 2 partículas antisimetrizadas, con componente posicional simétrico (ϕ^+) o antisimétrico (ϕ^-), l^* es el número cuántico del momento angular, y α es el conjunto de los demás números cuánticos necesarios.

En este caso, el momento angular orbital del electrón único l es igual al momento angular total de los dos electrones L , ya que sólo se están considerando excitaciones de una partícula y el segundo electrón permanece en el estado fundamental ($l = 0$). C_{nl} y A_{nl} son la energía de Coulomb y de intercambio respectivamente. Éstas son positivas.

El acoplamiento del momento angular orbital L con el espín total S , produce: para $S = 0$ es decir ϕ^+ una serie singlete, y para $S = 1$ es decir ϕ^- una serie triplete. Debido a la falta de interacción espín-órbita, la división dentro de un triplete es leve.

Teoría (6/8)

PHYWE

Como las funciones de onda perturbadas son funciones propias para S^2 , y como S^2 se intercambia con el operador dipolar, la regla de selección

$$\Delta S = 0$$

(que es característica de los sistemas de 2 electrones con un número de carga nuclear bajo) resulta y prohíbe las transiciones entre los niveles triplete y singlete.

Además, independientemente de la interacción espín-órbita, la regla de selección para el momento angular total $\Delta J = 0, \pm 1$ se aplica excepto cuando $J = 0 \rightarrow J' = 0$.

Si la interacción espín-órbita es leve, entonces $\Delta L = 0, \pm 1$ se aplica.

Teoría (7/8)

PHYWE

El Hg, igualmente, es un sistema de 2 electrones y posee la estructura de 2 series. Sin embargo, la interacción espín-órbita es relativamente pronunciada, de modo que sólo el momento angular total

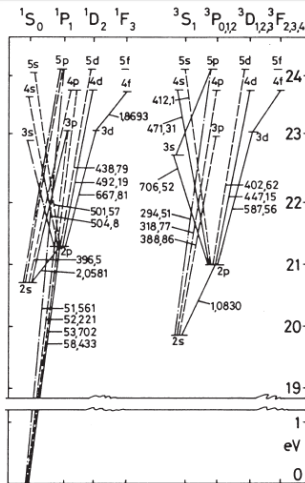
$$J = L + S$$

es un "buen" parámetro de conservación. La división dentro del triplete es pronunciada.

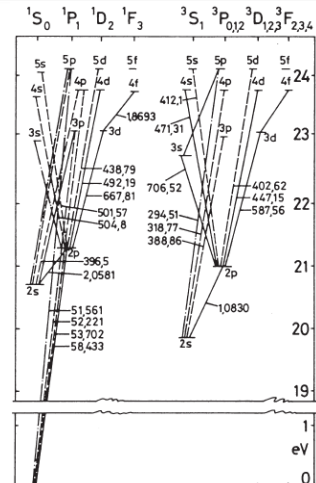
Además, el principio de selección $\Delta S = 0$ ya no se aplica puesto que S ya no es un "buen" parámetro de conservación (transición de $L - S$ para el acoplamiento $j - j$).

Teoría (8/8)

PHYWE



Espectro del helio

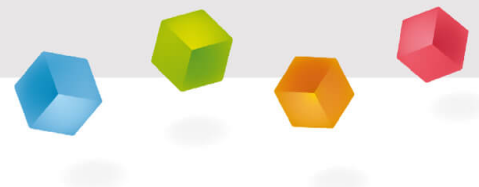


Espectro del mercurio

Material

Posición	Material	Artículo No.	Cantidad
1	TUBO ESPECTRAL DE Hg	06664-01	1
2	TUBO ESPECTRAL DE He	06668-01	1
3	PORTATUBOS ESPECTRALES, 2 PZS.	06674-01	1
4		08040-02	1
5	REJILLA IMPRESA DE ROLAND, 600 LÍNEAS / mm	08546-00	1
6	CABLE DE CONEX. 30 kV, 1000 mm	07367-00	2
7	PHYWE Fuente de alimentación de alto voltaje, 10kV DC: 0... ± 10 kV, 2 mA	13673-93	1
8	BORNE CON AISLADOR	06020-00	2
9	Base trípode para 1 varilla	02002-55	1
10	SOPORTE P.IMAN DE HERRADURA	06509-00	1
11	Base tipo tonel para 1 varilla	02004-00	1
12	Varilla de acero inoxidable, 18/8, 500 mm	02032-00	1
13	Doble nuez	02054-00	3
14	Soporte para tubo	02060-00	1
15	Regla graduada, l = 1000mm	03001-00	1
16	Punteros, 1 par, plástico rojo	02201-00	1
17	Cinta métrica, l = 2 m	09936-00	1

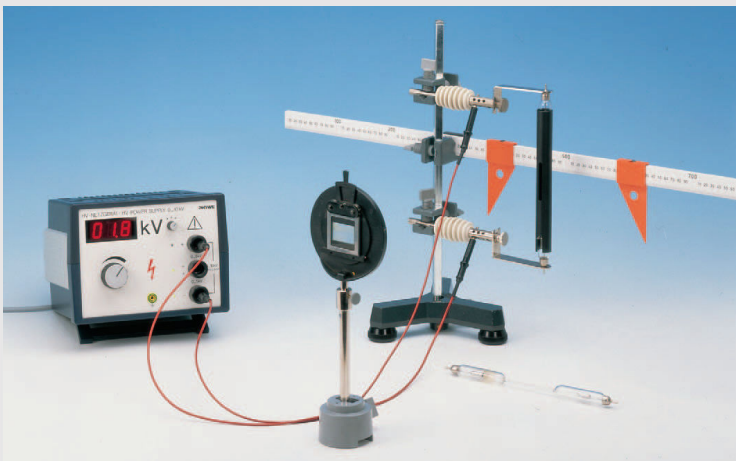
PHYWE



Montaje y ejecución

Montaje

PHYWE



Montaje experimental

Como fuente de radiación se utilizan tubos espectrales de helio o mercurio conectados a la fuente de alimentación de alta tensión. La fuente de alimentación se ajusta a unos 5 kV.

La escala se fija directamente detrás del tubo espectral para minimizar los errores de paralaje.

La rejilla de difracción debe colocarse a unos 50 cm y a la misma altura que el tubo espectral. La rejilla debe alinearse de forma que quede paralela a la escala.

Ejecución

PHYWE

El tubo capilar luminoso se observa a través de la rejilla. La habitación se oscurece hasta el punto en que todavía es posible leer la escala.

La distancia $2l$ entre líneas espectrales del mismo color en los espectros de primer orden derecho e izquierdo se leen sin mover la cabeza. La distancia d entre la escala y la rejilla también es medida.

Las líneas individuales (primer orden) de la lámpara espectral se observan mediante la rejilla, y la distancia $2l$ entre líneas iguales se determina con la escala métrica.

Evaluación (1/4)

PHYWE

Color	λ/nm	Transición
rojo	665 ± 2	$3^1D \rightarrow 2^1P$
amarillo-naranja	586 ± 2	$3^3D \rightarrow 2^3P$
verde	501 ± 2	$3^1D \rightarrow 2^1P$
azul-verde	490 ± 2	$4^1D \rightarrow 2^1P$
azul	470 ± 2	$4^3S \rightarrow 2^3P$
violeta	445 ± 2	$4^3D \rightarrow 2^3P$

Líneas espectrales medidas de He y las correspondientes transiciones de nivel de energía

Se documentan las líneas espectrales medidas de He y las correspondientes transiciones de nivel de energía.

Las magnitudes de la interacción de intercambio y de la interacción de Coulomb de los dos electrones pueden estimarse comparando las energías de las transiciones:

$$3^1D \rightarrow 2^1P \qquad 3^3D \rightarrow 2^3P$$

o

$$4^1D \rightarrow 2^1P \qquad 4^3D \rightarrow 2^3P$$

Evaluación (2/4)

PHYWE

Color	λ/nm	Transición
amarillo	581 ± 1	$6^1D1 \rightarrow 6^1P1$ $6^3D1 \rightarrow 6^1P1$
verde	550 ± 1	$7^3S1 \rightarrow 6^3P1$
verde	494 ± 2	$8^1S1 \rightarrow 6^1P1$
azul	437 ± 2	$7^1S1 \rightarrow 6^1P1$

Líneas espectrales medidas de Hg y las correspondientes transiciones de nivel de energía

Se documentan las líneas espectrales medidas de Hg y las correspondientes transiciones de nivel de energía.

Evaluación (3/4)

PHYWE

Rellena el espacio en blanco:

Cuando los electrones del átomo se excitan, la energía adicional empuja a los electrones a niveles de energía . Cuando los electrones vuelven a caer y abandonan el estado de excitación, la energía se vuelve a emitir en forma de . La del fotón viene determinada por la diferencia de entre los dos estados. Estos fotones emitidos forman el espectro del elemento.

energía

fotón

longitud de onda

más altos

✓ Consulte

Evaluación (4/4)

PHYWE

Rellene las palabras que faltan

El estado es un estado cuántico de un sistema con un número cuántico de espín $S = 0$, mientras que el estado con un número cuántico de espín $S = 1$

 Consulte

El estado en el que los espines de dos electrones son paralelos ($S=1$) será de menor energía

☐ Verdadero☐ Falso Consulte

Diapositiva

Puntuación/Total

Diapositiva 20: Espectros atómicos

0/4

Diapositiva 21: Múltiples tareas

0/3

Puntuación total

  0/7 Mostrar soluciones Reintentar