

# **El laboratorio de Física en la formación del ingeniero: La Espectrofotometría y su importancia para el Ingeniero Metalúrgico.**

Pilar Dania Amat Infante [damat@ismm.edu.cu](mailto:damat@ismm.edu.cu)

Ivan Casals Blet [icasals@ismm.edu.cu](mailto:icasals@ismm.edu.cu)

Instituto Superior Minero Metalúrgico, Moa, Holguín, Cuba

## Resumen

El trabajo aborda el estado del arte de las técnicas de análisis espectral, en particular la Espectrofotometría de Absorción Atómica y de Emisión, profundizando en los principios físicos en los cuales se basa esta técnica.

Aborda la utilización de las mismas en diversos campos de la ciencia y la técnica, en particular su empleo para resolver problemas profesionales propios de un ingeniero metalúrgico Finalmente se realiza un inventario de la utilización de estas técnicas en el entorno del Instituto Superior Minero Metalúrgico y se propone un sistema de prácticas de laboratorio con componente laboral que pueden ser realizadas con la visita a laboratorios de Empresas del territorio.

## Abstract

The state of the art of the techniques of spectral analysis discusses the work, in particular Absorción

Atómica's and Emisión's Espectrofotometría, digging into the physical beginnings which he has a base in this technique.

Discuss the utilization of the same at various fields of science and the technique, in particular his job to resolve a metallurgic engineer's professional problems of one's own Finally accomplishes an inventory of the utilization itself of the anvil is techniques at the Institute Superior Minero Metalúrgico's surroundings and it intends a system of practices of laboratory with labor component that they can be accomplished with the visitor to Empresas's laboratories of the territory

Palabras clave. Espectrofotometría, Absorción atómica, Laboratorio.

## 1 Introducción

En la actualidad existe consenso sobre la necesidad de propiciar mediante el proceso de enseñanza aprendizaje de las ciencias en general y de la Física en particular, la formación de valores y actitudes, en el caso de la Física Moderna por su esencia puede contribuir ampliamente al logro de formar valores desde la instrucción, reto que debemos asumir dando respuesta al reclamo de formar un profesional competente desde todo punto de vista, se trata de educar desde la instrucción aprovechando las actividades docentes de todo tipo, tanto presenciales como no presenciales.

Por su naturaleza, la actividad relacionada con la realización de experimentos representa un marco ideal para estimular el aprecio por los valores relacionados con el trabajo colectivo, la responsabilidad, la honradez, y la laboriosidad.

En este sentido el laboratorio docente es fundamental pues permite la adopción de formas de organización del trabajo en equipo, a fin de resolver determinados problemas que después de sometidos al análisis de todo el grupo, propicie el dinámico desarrollo del proceso de enseñanza-aprendizaje en el cual el trabajo colectivo, la responsabilidad, la honestidad, y la laboriosidad, están fuertemente estimuladas.

Proponemos la realización de prácticas de laboratorio de diferentes tipos: virtuales, reales y prácticas con componente laboral mediante la visita a los centros de investigación y laboratorios de las Empresas del Níquel del territorio.

Las prácticas de laboratorio contribuyen a la formación de los estudiantes en los tres componentes (Crespo, 2009):

Desde el punto de vista ACADÉMICO:

- Se logran formar hábitos de lectura, de análisis y de síntesis, una adecuada expresión oral y escrita
- Los estudiantes muestran sus conocimientos, capacidades y habilidades con sencillez, honestidad y honradez.
- Se estimulan modos de actuación de la personalidad como la actitud ante el estudio y la superación sistemática.

Desde el punto de vista LABORAL:

- Se crean hábitos de autonomía e independencia cognoscitiva.
- Se logra inducir a la crítica y a la autocrítica.
- Formar valores como la responsabilidad, el respeto mutuo y el colectivismo.
- Contribuye a formar conciencia de productores.
- Formar hábitos de ahorro de recursos.
- Cuidar y conservar del medio ambiente.
- Perseverancia en la búsqueda de soluciones.
- Estimular una cultura del trabajo en grupos, cooperativo y colaborativo.

Desde el punto de vista INVESTIGATIVO:

- Simular y apreciar el papel del científico en la investigación.

- Luchar y combatir el conformismo y el positivismo.

La mayoría de nuestros conocimientos acerca de los átomos, las moléculas y los núcleos proviene del estudio de la radiación emitida o absorbida por ellos, lo cual se realiza estudiando sus espectros respectivos.

En la ingeniería, se trabaja con el fin de obtener ciertos productos de determinadas composiciones químicas, y una vez obtenidos los productos, se necesita saber si sus composiciones son las deseadas.

En metalurgia como sabemos se trata de obtener metales puros, aleaciones de metales o compuestos de metales partiendo de la mena de dicho metal. Una vez extraída la mena, esta pasa por una preparación mecánica y después aprovechando ciertas propiedades del metal que se requiere, se combinan diferentes procesos químicos para eliminar otros elementos no deseados y entonces obtener cada vez más concentrando el metal.

Los productos de cada etapa tienen sus composiciones esperadas y es necesario comprobarlas cuando salen los productos con el fin de determinar si el proceso transitó adecuadamente.

Para hacer tal análisis, hoy en día en la metalurgia se utilizan varias técnicas entre ellas la más usada es la espectrofotometría. La espectrofotometría se basa en el estudio del espectro de la radiación emitida o absorbida por una sustancia para determinar los elementos que la componen y sus respectivas concentraciones.

El objetivo de nuestro trabajo es profundizar en el principio físico en el cual se basa la Espectrofotometría de Absorción Atómica y de Emisión, así como su utilización en diversos campos de la ciencia y la técnica, en particular su empleo para resolver problemas profesionales propios de un ingeniero metalúrgico. Se realiza un inventario de la utilización de estas técnicas en el entorno del Instituto Superior Minero Metalúrgico y se propone un sistema de prácticas de laboratorio con componente laboral que pueden ser realizadas con la visita a laboratorios de Empresas del territorio.

## 2 Espectrofotometría

Principio Físico. La espectrofotometría se basa en la teoría de Bohr del átomo la cual postula que en el átomo los electrones se encuentran ocupando varios niveles de energía, de valores cuantizados, de tal forma que los electrones que ocupan un bajo nivel de energía pueden saltar a otro nivel de mayor energía si reciben energía suministrada por una fuente externa cuyo valor es igual a la diferencia de energía entre los dos niveles energéticos. Cuando sucede lo expuesto se dice que el átomo está excitado. Como sabemos, un menor valor de energía corresponde a un estado de estabilidad y un mayor valor de energía corresponde a un estado de inestabilidad y el átomo siempre tiende a estar estable. Cuando los electrones saltan a otros niveles superiores, regresan

inmediatamente a su estado más estable, emitiendo radiaciones electromagnéticas de frecuencia  $f$  y de valor de energía  $hf$  igual a la diferencia de energía entre el mayor estado y el menor estado.

Este proceso puede ocurrir a su vez si los electrones pasan de un nivel energético inferior a uno superior produciéndose entonces la absorción de energía por el átomo

Cada transición origina la aparición de líneas espectrales, estas líneas forman los llamados espectros atómicos, es conocido que cada elemento químico tiene su espectro característico. En dependencia del tipo de transición que se haya producido los espectros se clasifican en espectros de emisión y de absorción.

Espectro de emisión. Si un elemento en su estado gaseoso se calienta hasta que se hace incandescente, emite solamente radiaciones de un número limitado de longitudes de onda. El grupo de longitudes de ondas emitidas es el mismo para un mismo elemento y se denomina el espectro de emisión del elemento. El espectro de emisión de un elemento difiere del de otro.

Para observar el espectro de emisión de un elemento, se introduce dicho elemento en estado gaseoso en un tubo de descarga de baja presión y alto voltaje entre el ánodo y el cátodo. La luz emitida se hace pasar por una rendija y después por un prisma y se obtiene el espectro.

Cada línea corresponde a una longitud de onda y su grueso depende de la cantidad relativa del elemento en la muestra. La separación entre las líneas es evidencia de la existencia de los niveles de energía de los átomos

Espectroscopia de Absorción Atómica. La espectroscopia de absorción atómica es una técnica de análisis instrumental, capaz de detectar y determinar cuantitativamente la mayoría de los elementos comprendidos en el sistema periódico.

Esta técnica se basa en el hecho de que elementos gaseosos absorben las mismas radiaciones que son capaces de emitir. Si se hace pasar luz blanca a través del vapor de un elemento, el vapor absorbe las radiaciones que es capaz de emitir y entonces en el espectro obtenido faltan las líneas de longitudes de onda absorbidas. El mejor monocromador que se utiliza para realizar medidas de la absorción es una fuente luminosa fabricada interiormente del elemento que se precise medir la absorción. Se pueden identificar a simple vista los elementos que componen un vapor por las radiaciones que caen en el espectro visible.

El equipo de la espectroscopia de absorción atómica se llama espectrofotómetro de absorción atómica. Los componentes son un obturador o chopper, una lámpara de cátodo hueco, una llama con su atomizador, un sistema electrónico y un registrador gráfico

Aplicaciones. La Espectroscopia de Absorción Atómica resulta útil en diversos campos para el análisis de muestras que se encuentren en disolución o que mediante un método u otro puedan llegar a disolverse.

De gran importancia resulta la aplicación de esta técnica en estudios medioambientales en la determinación de sustancias contaminante a nivel de trazas en particular de metales pesados. Se aplica esta técnica a los campos de Análisis de agua, Industria farmacéutica, Bioquímica y Toxicología, Metalurgia, Edafología, Industria alimentaria, Piensos animales, Fertilizantes, Productos petrolíferos, Plásticos y fibras sintéticas, Rocas y suelos, La minería, Vidrios y productos cerámicos, Cementos etc.

En la Metalurgia, se utiliza para analizar muestras de aleaciones, siempre y cuando que se puedan poner en disolución y el tiempo para hacerlo no sea excesivamente largo.

Aleaciones base Cobre: Por lo general, se disuelve la muestra mediante un ataque de ácidos nítricos, tartárico y fluorhídrico. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se efectúan lecturas para los elementos hierro, manganeso, estaño, plomo, cinc, aluminio, níquel, y hasta se puede analizar la concentración de cobre con poca precisión. Los rangos de concentración donde es aplicable esta tecnología oscila generalmente entre 0,005% y el 50%.

Aleaciones base Cinc: La muestra se disuelve mediante un ataque con ácido clorhídrico, y en muchos casos se complementa con una oxidación mediante agua oxigenada. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se efectúan lecturas para los elementos hierro, plomo, cadmio, cobre, estaño, magnesio, aluminio, manganeso, cobalto y níquel en rangos de concentración comprendidas entre 0,0005% y el 10% en algunas aleaciones.

Aleaciones base Aluminio: La muestra generalmente se disuelve mediante el ataque con ácido clorhídrico y agua oxigenada. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se efectúan realizando distintas diluciones de los elementos magnesio, cinc, hierro, cobre, manganeso, plomo, cromo y níquel, y los rangos de concentración óptimos en esta técnica están comprendidos entre 0,001% y el 15%.

Aleaciones base Plomo: La muestra se disuelve mediante el ataque con una mezcla de ácidos compuesta por ácido nítrico, fluorhídrico, y tartárico. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se realiza las diluciones según la probable concentración del elemento a determinar, y se obtiene buenos resultados para bismuto, hierro, cobre, antimonio, cinc, cadmio, manganeso, níquel, cobalto, plomo, estaño, y plata, mientras la concentración oscilan entre el 0,002% y el 50% para algunos elementos.

Aleaciones base Hierro: Las muestras de los diferentes aceros y fundiciones se disuelven generalmente mediante el ataque con cualquiera de los ácidos nítricos, clorhídrico y perclórico. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se realizan las diluciones necesarias como para poder valorar cuantitativamente los elementos manganeso, cromo, níquel, molibdeno, vanadio, cobalto, cobre, aluminio, titanio, plomo, magnesio, cinc, silicio y wolframio. Los rangos de concentración varían en función del elemento entre 0,005% y 22%.

Aleaciones base Estaño: La muestra se disuelve mediante el ataque con una mezcla de ácidos compuesta por ácido nítrico, clorhídrico, y tartárico. La disolución obtenida se afora a un volumen determinado y se realizan las diluciones determinadas según la probable concentración del elemento a determinar. Se obtienen buenos resultados para bismuto, hierro, cobre, antimonio, cinc, cadmio, manganeso, níquel, cobalto, plomo, estaño y plata

Técnicas Analíticas Existentes en la Industria del níquel en Moa. Empresa del Níquel Comandante

Ernesto Guevara

- Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS)
- Espectrofotometría de Emisión con plasma inductivo acoplado (ICP)
- Fluorescencia de Rayos X
- Colorimetría

Empresa del Níquel Comandante Pedro Soto Alba

- Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS)
- Espectrofotometría de Emisión con plasma inductivo acoplado (ICP)
- Fluorescencia de Rayos X

Empresa Mecánica del Níquel Comandante Gustavo Machín

- Espectrofotometría de Emisión Atómica

Centro de Investigaciones del Níquel (CEINIQ)

- Espectrofotometría de Absorción Atómica (AAS)
- Espectrofotometría de Emisión con plasma inductivo acoplado (ICP)
- Fluorescencia de Rayos X
- Colorimetría

A pesar de la existencia de estas técnicas hemos podido comprobar que la más utilizada es la Espectrofotometría de Absorción Atómica con la excepción de la Empresa Mecánica que utiliza la de Emisión

Propuesta de sistema de prácticas de laboratorio con componente laboral para estudiantes de Metalurgia en el ISMMM de Moa.

Teniendo en cuenta que la modernización de los laboratorios de Física en el país permite la ejecución de prácticas de laboratorio simuladas con el uso de la computadora, la realización de prácticas reales a escala de laboratorio, así como la existencia en el territorio de Laboratorios con fines investigativos y/o ligados a la producción en los cuales se utilizan técnicas de análisis espectral para la determinación de la composición química de las muestras, proponemos realizar un sistema de prácticas que permitan el desarrollo de habilidades con el uso de las diferentes herramientas de la computación, habilidades prácticas en la medición de magnitudes a escala de laboratorio y familiarizarse con la utilización de la espectrofotometría en una Empresa niquelífera del territorio. Se propone:

#### 1. Estudio de la Red de difracción (utilizando Laboratorios Virtuales)

Mediante la realización individual de esta práctica el estudiante profundiza en el marco teórico referido a la difracción de la luz y su utilización mediante una red de difracción para calcular diferentes magnitudes entre ellas la longitud de onda de las diferentes líneas espectrales, para el cálculo de las magnitudes se utiliza el EXCELL.

#### 2. Estudio del espectro del Mercurio mediante una red de difracción (utilizando un goniómetro en el Laboratorio docente)

Esta práctica se realiza por equipos de estudiantes, mediante la misma se estudia el espectro característico del mercurio utilizando una red de difracción, se determina la posición angular de las diferentes líneas espectrales con la ayuda de un goniómetro y finalmente se calculan diferentes magnitudes entre ellas la longitud de onda de las líneas observadas, se realizan los cálculos utilizando preferentemente el EXCELL

#### 3. Determinación de la composición química de una muestra de acero (se realiza en la Empresa Mecánica del Níquel mediante un Espectrofotómetro de Emisión atómica)

En esta Empresa se utiliza un equipo manual que se lleva hasta los lugares de fundición cuando hace falta comprobar la calidad del acero, este equipo utiliza como sistema separador de longitudes de onda un prisma, existe otro equipo más moderno (Cuantómetro) que utiliza como elemento separador una red de difracción.

Los estudiantes previamente profundizan en el principio de funcionamiento del mismo y realizan la determinación de los elementos químicos presentes en la muestra sólida así como realizaran una estimación de la concentración de algunos elementos cuyo espectro sea más sencillo como es el caso del Molibdeno (Mo) por comparación con el espectro del Fe que es el componente mayoritario en los aceros, en el equipo manual se realiza esta determinación por la observación directa del espectro en el equipo y en el caso del cuantómetro los resultados se obtienen de forma automática.

### 3 Conclusiones

Durante la realización de este trabajo profundizamos en las aplicaciones prácticas de las técnicas de análisis espectral Espectrofotometría tanto de absorción como de Emisión en general y en particular en el campo de la Metalurgia, procedimos a realizar un inventario de las técnicas de análisis espectral existentes en el Municipio Minero Metalúrgico de Moa.

Finalmente se propone un sistema de prácticas de laboratorio con componente laboral que pudiera hacerse extensivo a otras técnicas de análisis espectral estudiadas en Física y presentes en las industrias del territorio como una forma de vincular los conocimientos adquiridos al campo de actuación del futuro profesional de la carrera de Ingeniería Metalúrgica.

### Referencias

- [1] Jiménez Herrais, L. Espectroscopia de Absorción Atómica. Publicaciones Analíticas, Madrid, España, 2015, 390 p.
- [2]. Casas Sabata, J.M. Contaminación por metales pesados, Cataluña.2014, 278 p.
- [3]. Thibodeaux, L. Environmental Chemodynamics. McG Hill. New York, 1996, 593 p
- [4]. Dehahay, P. Análisis Instrumental. Instituto del Libro, Habana, 1970, 466p.
- [5] El rol del laboratorio en la enseñanza de la Física. XII Encuentro Nacional de Profesores de Física. Asociación de Profesores de Física del Uruguay, marzo 2012.