

Profesionalización en la enseñanza de la Química Física en la carrera de ingeniería en metalurgia y materiales

Professionalization of the teaching of Physical Chemistry in the metallurgy and materials engineering career

Miguel Garrido Rodríguez¹, Dianely Pimentel Garriga², Mercedes Eulalia Sosa Martínez³

^{1,2} Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, CUJAE

¹Correo electrónico: magarrido@icb.cujae.edu.cu;

ORCID <https://orcid.org/0000-0002-7174-9452>

¹Correo electrónico: dianelys@icb.cujae.edu.cu;

ORCID <https://orcid.org/0009-0005-1566-3311>

³ Universidad de Moa. Antonio Núñez Jiménez

Correo electrónico: msosa@ismm.edu.cu

ORCID <https://orcid.org/0009-0002-2947-3488>

Recibido: 26 de septiembre de 2023

Aceptado: 9 de diciembre de 2023

Resumen

El perfeccionamiento del proceso de enseñanza aprendizaje en la formación de los ingenieros metalúrgicos y materiales es una actividad permanente para garantizar su preparación científica y metodológica, acorde con sus esferas de actuación. En este proceso, la formación en el currículo base es un elemento esencial en el vínculo interdisciplinario a través de la profesionalización del sistema de conocimientos y habilidades. Las asignaturas de Química Física I y II son esenciales en la formación del ingeniero metalúrgico y materiales, por ello, este trabajo tiene el objetivo de mostrar las acciones desarrolladas para lograr la profesionalización en el proceso docente a partir del sistema de conocimientos y habilidades definidos en el plan de estudio E de esta carrera. Los resultados del trabajo metodológico demostraron que la profesionalización en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Química Física I y II, logra incentivar la motivación, el desarrollo del pensamiento lógico y la creatividad de los estudiantes. Además, contribuye a la formación integral en cuanto al uso eficiente de los recursos, la protección del medio ambiente y el desarrollo social.

Palabras clave: formación, profesionalización, conocimientos, perfeccionamiento

Abstract

The improvement of the teaching-learning process in the metallurgical and materials engineers training is a permanent activity to guarantee their scientific and methodological preparation, in accordance with their spheres of action. In this process, training in the base curriculum is an essential element in the interdisciplinary link through the professionalization of the knowledge and skills system. The subjects Physical Chemistry I and II are essential in the training of the metallurgical and materials engineers; therefore, this article is aimed at showing the actions developed to achieve professionalization in the teaching process based on the system of knowledge and skills defined in the E study plan of this career. The methodological work results demonstrated that professionalization in the teaching-learning process of Physical Chemistry I and II encourages motivation, the development of logical thinking and students' creativity. In addition, it contributes to comprehensive training on the efficient use of resources, environmental protection and social development.

Keywords: training, professionalization, knowledge, improvement

Introducción

La formación de profesionales integrales con sólida formación científico-técnica constituye objetivo del Ministerio de Educación Superior de Cuba, por tanto, la organización del proceso docente y del trabajo metodológico son claves en el proceso docente. [1]

En el proceso de enseñanza aprendizaje, lograr la interrelación entre los aspectos teóricos y su aplicación en los procesos tecnológicos, es esencial considerarlo como un objetivo desde las asignaturas del currículo base, ya que constituye elemento básico en la formación del ingeniero.

En la investigación se indica que las motivaciones cognoscitivas de autoconocimiento, autovaloración, auto-perfeccionamiento profesional y de independencia no ocupan un lugar principal en los estudiantes de ingeniería [2]. Por ello, el trabajo metodológico interdisciplinario es una de las vías para lograr la motivación de los estudiantes en el proceso docente.

Las asignaturas de Química Física I y II en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales constituye el eslabón entre el currículo base y propio de la especialidad en la formación de perfil amplio [1] con una profunda formación básica y básica-específica, para lo cual es necesario integrar los sistemas de conocimientos con las tecnologías, mediante la caracterización físico química de los procesos tecnológicos.

En el modelo del profesional de la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales [3], se establece que el objeto de la profesión es la transformación de minerales, materiales metálicos y no metálicos en productos o semiproductos con calidad, productividad, rentabilidad y competitividad para un desarrollo sostenible; además en la recuperación de materias primas mediante el reciclaje de metales, aleaciones y otros materiales. Esto hace que los ingenieros graduados en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales hayan sido ubicados en disímiles esferas de la industria metalúrgica cubana, entre ellas la preparación y el beneficio de minerales, la producción de níquel y cobalto, la producción de acero, ferro-aleaciones y aleaciones no ferrosas, la producción de polvos metálicos, piezas metálicas y materiales refractarios.

Los procesos metalúrgicos se clasifican internacionalmente en dos grupos: pirometalúrgicos e hidrometalúrgicos. Los procesos pirometalúrgicos, en la mayoría de los casos, transcurren a altas temperaturas, entre ellos: el secado, la tostación (oxidante, reductora, sulfatante) y oxidación, la fundición para obtener aleaciones y otras. Entre los procesos hidrometalúrgicos están la lixiviación, precipitación, electrólisis, cementación, hidrólisis, y el intercambio iónico.

Esta diversidad de procesos o tecnologías requiere del dominio de conceptos, leyes y métodos que permiten caracterizar las transformaciones físico químicas que ocurren en los procesos metalúrgicos.

En este artículo se pretende mostrar las acciones desarrolladas para lograr la profesionalización en el proceso docente a partir del sistema de conocimientos y habilidades definidos en el plan de estudio E de esta carrera.

Para ello la investigación se fundamenta en el análisis del Plan de Estudio de la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales que abarcó:

- Objeto y objetivos de la carrera.
- Esferas de acción y actuación
- Interrelación entre los objetivos de la carrera-año-disciplinas.
- Interrelación entre currículo base-currículo propio.
- Programas analíticos de las asignaturas.
- Aplicar las acciones para lograr la profesionalización de la química física en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales

Desarrollo

La Química Física es fundamental al ofrecer las bases teóricas y metodológicas necesarias para caracterizar las transformaciones físico-químicas de los materiales metálicos y no metálicos en los procesos metalúrgicos. Además tiene una función integradora de los sistemas de conocimientos y habilidades de otras disciplinas como se indican en la figura 1.

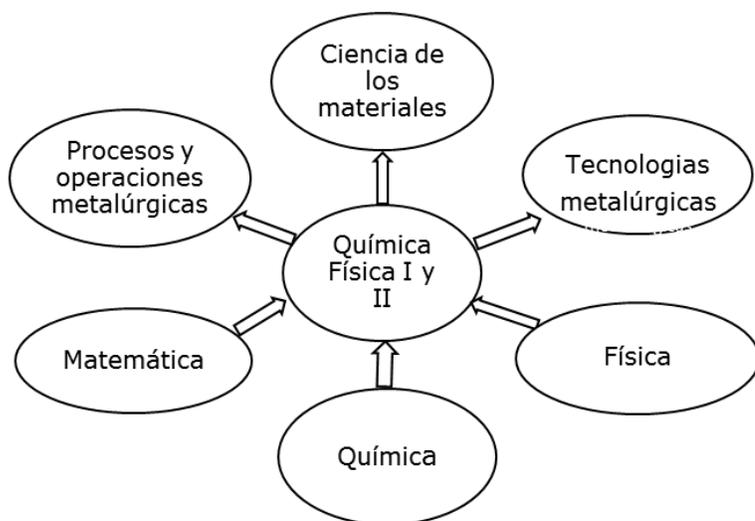


Figura 1. Modelo de la relación interdisciplinaria de la Química Física en la carrera. Elaboración propia.

Profesionalización en la enseñanza de la Química Física en la carrera de ingeniería en metalurgia y materiales

Los elementos generales que muestran la estrecha relación con las disciplinas de ciencias básicas se sintetizan en los aspectos siguientes:

Matemática – límite y continuidad, cálculo diferencial e integral, análisis funcional y modelación.

Química - estructura atómica, el enlace químico, nomenclatura, el balance de masa, termodinámica en las reacciones químicas y los métodos de análisis físico químicos,

Física - gases ideales, ecuación de estado, leyes de la termodinámica en los procesos físicos y superficiales,

La Química Física está relacionada con las disciplinas, ingeniería de los materiales, procesos de las operaciones unitarias y las tecnologías metalúrgicas mediante los aspectos termodinámicos, cinéticos, equilibrio químico, electroquímicos y fenómenos superficiales, que explican las transformaciones físico química en los procesos metalúrgicos.

Otro elemento significativo que muestra la importancia del sistema de conocimiento y habilidades que aporta la Química Física, es su inclusión en las investigaciones científicas en la selección de las tecnologías más eficientes para el aprovechamiento de los recursos y la protección del medio ambiente. Es parte de los trabajos de diplomas, las tesis de maestrías y doctorados, así como en las publicaciones científicas.

Profesionalización en el proceso enseñanza aprendizaje.

La investigación de la profesionalización en el proceso enseñanza aprendizaje ha permitido identificarla como un proceso pedagógico, continuo y en ascenso, que contribuye a formar al sujeto y tiene un componente esencialmente humano.

Otro aspecto considerado [4] es su carácter formativo permanente, sistémico y contextualizado, que realizan simultáneamente los docentes y los especialistas de la entidad laboral con el objetivo de desarrollar sus modos de actuación profesional, mediante la solución a los problemas profesionales.

En la formación del ingeniero [5] se define como el proceso de enseñanza aprendizaje mediante el cual los estudiantes logran identificar los problemas profesionales a través del contenido de la asignatura, por la combinación con los del área técnica y su inserción en el objeto de la profesión.

Para lograr la profesionalización en la formación del ingeniero metalúrgico y materiales es esencial, considerar como objeto de trabajo del egresado: los equipos, los procesos unitarios y las tecnologías que permiten la transformación de las diversas materias primas para obtener metales, aleaciones y materiales no metálicos, así como piezas fundidas y productos conformados.

La profesionalización es un proceso que requiere de acciones en diferentes niveles:

- en la carrera basado en el perfil, modo de actuación, problema y objetivos en el plan de estudio,
- interdisciplinario horizontal y vertical considerando los objetivos del año,
- a nivel de asignatura que establece los objetivos, el sistema de conocimientos y de habilidades.

Este trabajo metodológico está estructurado en acciones a nivel de carrera, colectivo de año, disciplinas y asignaturas. Este último nivel es de suma importancia, ya que en la misma se aplica la estrategia metodológica en el proceso enseñanza aprendizaje en el intercambio profesor estudiante.

Las acciones que se desarrollaron en las asignaturas de Química física I y II incluyeron:

- aplicar conceptos, leyes y métodos en la solución de ejercicios basados en procesos tecnológicos,
- utilizar ejemplos de transformaciones físico químicas en procesos tecnológicos aplicados industrialmente,
- analizar publicaciones científicas en seminarios o trabajos de control extraclase,
- realizar prácticas de laboratorio para comprobar y/o ampliar el sistema de conocimientos,
- aplicar métodos cualitativos y cuantitativos para analizar las transformaciones físico químicas en los procesos tecnológicos,
- perfeccionar el sistema de evaluación de las asignaturas del año.

La aplicación de esta estrategia permite al estudiante familiarizarse con las transformaciones físico químicas propias de su profesión, la investigación científica en diversos campos de sus esferas de actuación en la práctica industrial, que contribuyen al desarrollo del pensamiento lógico [6] y la creatividad utilizando en clases situaciones problémicas [7] propias de su carrera para lograr una adecuada motivación en la formación del ingeniero metalúrgico y materiales.

Profesionalización en la enseñanza de la Química Física

Para lograr la contextualización en la enseñanza de la Química Física en la formación del ingeniero metalúrgico y materiales, se tiene como elemento rector el problema profesional, su objeto de trabajo, los objetivos de la carrera, los campos de acción y otros elementos estructurales de la carrera, en aras de ganar en sistematicidad y enfoque integrador.

Analizar el sistema de conocimientos y habilidades indicadas en el programa de las asignaturas Química Física I y II permite comprobar su vínculo esencial en la formación de este profesional. Química Física I.

Estado gaseoso. Objetivo. Analizar el comportamiento de los gases ideales, reales y de sus mezclas, mediante las ecuaciones de estado. Esto permite calcular las variables presión, temperatura, volumen, la cantidad de sustancias y los cambios energéticos asociados a los físicos calentamiento, enfriamiento, compresión y expansión, mediante las ecuaciones (1)-(3) siguientes:

$$\Delta H_{1-2} = \int_{T_1}^{T_2} C_p dT + \int_{P_1}^{P_2} \left[V - T \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P \right] dP$$

$$\Delta S = \int_{T_1}^{T_2} C_p \frac{dT}{T} - \int_{V_1}^{V_2} \left(\frac{\partial V}{\partial T} \right)_P dV$$

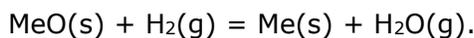
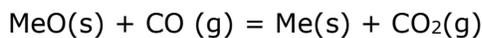
$$\Delta U_{1-2} = \int_{T_1}^{T_2} C_v dT + \int_{V_1}^{V_2} T \left[\left(\frac{\partial P}{\partial T} \right)_V - P \right] dV$$

En muchos procesos metalúrgicos se incluye la fase gaseosa formada por uno o varios gases, por ejemplo: los procesos de interacción entre el carbono y el dióxido de carbono que en la obtención del agente reductor monóxido de carbono y dióxido de carbono.

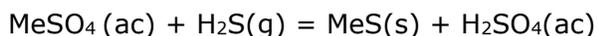
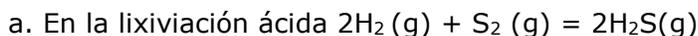
Además la obtención de gases reductores es posible la reacción de Boudouard $C(s) + H_2O(g) = CO(g) + H_2(g)$

Estas reacciones ocurren durante la obtención de agentes reductores y su aplicación en la reducción de los óxidos metálicos, como una etapa del proceso de lixiviación carbonato amoniacal de los minerales lateríticos, y en la obtención de acero en las plantas siderúrgicas.

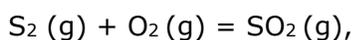
En general la reducción se representa por las reacciones:



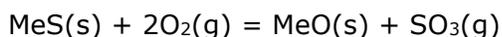
Otro ejemplo de uso de gases en procesos metalúrgicos es la obtención del sulfuro de hidrógeno, utilizado en la precipitación en autoclaves a presión superior a la atmosférica de los sulfuros de níquel y cobalto en la tecnología de lixiviación ácida y a presión atmosférica en la lixiviación carbonato amoniacal de los minerales lateríticos. Los procesos representados por las reacciones



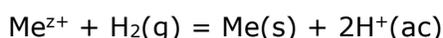
Otro aspecto importante es la obtención del ácido sulfúrico, a partir de la reacción de oxidación del azufre, la conversión en trióxido de azufre y luego su absorción.



La oxidación de los sulfuros constituye un proceso principal en la eliminación del azufre de minerales o concentrados, como por ejemplo los existentes en el yacimiento Castellanos, Pinar del Río. Este proceso es de gran complejidad ya que pueden ocurrir varias reacciones en dependencia de la temperatura y la presión de dióxígeno en el reactor. Una de estas transformaciones es la obtención de óxidos metálicos



Otro proceso importante es la recuperación de metales a partir de soluciones acuosas y a su vez cumplir con las normas de protección del medio ambiente mediante la reacción redox.



Leyes de la termodinámica. Objetivo. Aplicar las leyes termodinámicas en las transformaciones físicas y químicas en los procesos metalúrgicos.

El sistema de conocimientos permite la caracterización de las transformaciones físico químicas que ocurren en los procesos metalúrgicos basados en modelos matemáticos para calcular las variaciones de las propiedades o variables termodinámicas, entalpía, entropía en los procesos de calentamiento y enfriamiento de sistemas, en los cambios de fases y en las reacciones químicas, esenciales en el balance energético.

El método para calcular el cambio de las variables o propiedades termodinámicas se fundamenta en su condición de funciones de estado y propiedades extensivas.

En caso del calor asociado a las reacciones químicas, se utiliza la ecuación de Kirchhoff

$$\left(\frac{\partial \Delta H_r}{\partial T}\right) = \Delta C_p \quad \Delta H_r = \int_{298K}^T \frac{\Delta C_p}{T} dT + \Delta H_{298K}^0$$

Casos particulares- Para la reacción $aA + bB = cC + dD$

- reactivos y productos a la misma temperatura

$$\Delta H_{RT}^0 = a(T_2 - T_1) + \frac{b}{2}(T_2^2 - T_1^2) + \frac{c}{3}(T_2^3 - T_1^3)$$

- reactivos y productos a diferentes temperaturas

$$\Delta H_{RT} = \Delta H_{T_0}^0 + \int_{T_1}^{T_0} aC_{p_A} dT + \int_{T_2}^{T_0} bC_{p_B} dT + \int_{T_0}^{T_3} cC_{p_C} dT + \int_{T_0}^{T_4} dC_{p_D} dT \quad \text{Estos}$$

cálculos son la base de los balances energéticos en las tecnologías para la obtención de metales, aleaciones y otros.

Por su parte la variación de entropía $S^0_{rT} = S^0_{298K} + \int_{298K}^T \frac{\Delta C_p}{T}$

Derivaciones de las leyes de la termodinámica. Objetivo: Aplicar el criterio de equilibrio o espontaneidad a las transformaciones químicas en los procesos metalúrgicos.

Abarca las derivaciones de las leyes de la Termodinámica, el criterio de equilibrio y espontaneidad usando el Potencial isóbaro isotérmico. Esto permite analizar la influencia de la temperatura en el desarrollo de las reacciones químicas, comparar la estabilidad de compuestos químicos, la selección del mejor agente reductor y otros.

$$\Delta G^0_{r,T} = \Delta H^0_{298} - T\Delta S^0_{298} + \int_{298}^T \Delta C_p dT - T \int_{298}^T \frac{\Delta C_p}{T} dT$$

Analizar termodinámicamente las reacciones principales en los procesos de fundición, conversión y formación de las escorias o eliminación de impurezas en la fase metal.

Obtener modelos termodinámicos y los gráficos de estabilidad de las fases en dependencia de los factores externos [8] y [9], por ejemplo, en los procesos siguientes:

a- Procesos pirometalúrgicos. Ejemplo: disociación de los compuestos, reducción de óxidos metálicos usando agentes reductores gaseosos, oxidación de sulfuros y disminución de impurezas en la obtención de aceros.

b- Procesos hidrometalúrgicos. Ejemplos: lixiviación de metales, óxidos, hidróxidos y carbonatos y la precipitación de sulfuros

Equilibrio de fases. Objetivo: Interpretar diagramas de fases de sistemas en equilibrio de uno, dos y tres componentes

En este tema se precisa la fundamentación termodinámica del equilibrio de fases en sistemas reales, utilizando manuales de aleaciones formado por elementos químicos y sus compuestos [10], [11]. Mediante los modelos matemáticos se calcula el calor, la variación de entropía asociado y del potencial isobaro isotérmico.

Se analizan los métodos de construcción de los diagramas, las zonas de estabilidad de las fases en dependencia de los factores: naturaleza de los componentes del sistema, temperatura, presión y composición química de las fases en equilibrio, las propiedades coligativas en disoluciones de soluto no volátil y analizar diagramas de sistemas de dos componentes con equilibrio líquido vapor y líquido sólido. En este caso son esenciales los diagramas Me-O, Me-S, los diagramas de aleaciones metálicas Me₁-Me₂, Me₁O-Me₂O, Me₁X-Me₂Y y otros.

Química Física II. Equilibrio Químico. Objetivo: Aplicar las leyes y principios del equilibrio químico en las transformaciones físico químicas en los procesos metalúrgicos.

En este tema se analizan las reacciones químicas basadas en el equilibrio químico utilizando la relación entre el Potencial Isobaro Isotérmico y la constante de equilibrio termodinámica, como medida del desarrollo de las reacciones químicas homogéneas y heterogéneas, se analiza cualitativa y cuantitativamente la influencia de los factores externos en la transformación de los reactivos en productos., lo que determina la eficiencia del proceso. Se estudian modelos matemáticos para calcular el calor asociado a las reacciones químicas utilizando la dependencia de la constante de equilibrio con la temperatura.

Cinética Química. Objetivo. Aplicar los métodos de estudio cinético a las transformaciones físico químicas en los procesos metalúrgicos.

Estudio cinético de las reacciones químicas para obtener la ecuación de velocidad y analizar el mecanismo en reacciones homogéneas y heterogéneas mediante modelos cinéticos generales que describen los procesos metalúrgicos. En el estudio cinético, a partir de datos experimentales, son utilizados los métodos integral y diferencial, métodos numéricos y otros son aplicados a reacciones de lixiviación, disociación, reducción y oxidación, así como la influencia de los factores externos. Ejemplos de modelos cinéticos en procesos metalúrgicos:

- recuperación de metales mediante reducción con hidrógeno

$$-\frac{dc(Me^{z+})}{dt} = k_0 \cdot c(Me^{z+}) \cdot s \cdot p(H)_2 \cdot e^{\left(-\frac{Ea}{RT}\right)} \quad (9)$$

- lixiviación de metales en soluciones ácida

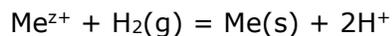
$$\frac{dc(Me^{z+})}{dt} = k_0 \cdot c(H^+) \cdot s \cdot Re \cdot e^{\left(-\frac{Ea}{RT}\right)} \quad (10)$$

Electroquímica. Objetivo. Aplicar los principios de la electroquímica a los procesos de oxidación reducción en la metalurgia.

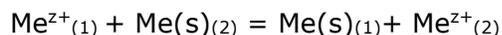
La oxidación reducción constituye el proceso esencial de muchas transformaciones físico químicas en los procesos metalúrgicos, basado en los potenciales de reducción, la ecuación de Nernst. Celdas galvánicas, reacciones redox y electrólisis. Diagrama E- pH.

Ejemplos de las reacciones redox aplicados en los procesos metalúrgicos:

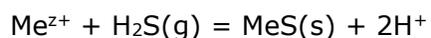
- recuperación de metales mediante la reducción con gases,



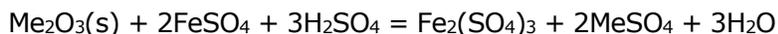
- la cementación



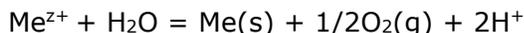
- precipitación de sustancias poco solubles,



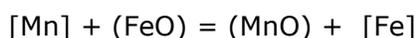
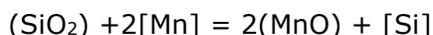
- lixiviación usando agentes oxidantes y reductores



- la refinación electroquímica de metales mediante electrólisis



- procesos de oxidación y reducción de metales en los procesos de obtención de aceros y otras aleaciones como ferrosilicio, ferrotitanio, ferroníquel, bronce, latón y otras.



Estas transformaciones físico químicas son analizados en las actividades docentes en el proceso de enseñanza aprendizaje en conferencias, clases prácticas y en las evaluaciones a través de seminarios y trabajos de control extraclase usando sistemas reales.

Fenómenos superficiales. Objetivo. Caracterizar los fenómenos superficiales y la adsorción. Se analizan los principios básicos que caracterizan los fenómenos superficiales, la tensión superficial y la energía libre superficial, elementos que permiten caracterizar la adsorción sobre la superficie sólidos, que constituye una de las etapas en los mecanismos cinéticos de las reacciones químicas heterogéneas. Además, las ecuaciones isotermas de adsorción y los modelos cinéticos son esenciales para explicar los procesos de recuperación de metales mediante el proceso de flotación para obtener concentrados de minerales para su posterior transformación. Otra aplicación de este proceso es la recuperación de metales a partir de soluciones acuosas con adsorbentes sólidos naturales caracterizados por ecuaciones isotermas de adsorción y modelos cinéticos. En este son de gran importancia la utilización de recursos naturales cubanos como adsorbentes.

En general la investigación de la interrelación entre las disciplinas del plan de estudio en varias carreras [11], [13], [14] ha demostrado que constituye un elemento importante en el proceso docente. En el caso de Ingeniería en Metalurgia y Materiales se logra al ser analizadas las transformaciones físico químicas en las actividades docentes en el proceso de enseñanza aprendizaje, en las conferencias como motivación de las actividades, en las clases prácticas en la aplicación de conceptos, leyes y modelos teórico para obtener los modelos matemáticos que relacionan las propiedades o variables físico químicas y en las evaluaciones a través de seminarios y trabajos de control extraclase usando sistemas reales, que precisan de la búsqueda de información científico técnica.

La investigación demostró que el sistema de conocimientos y habilidades de estas asignaturas consideradas dentro el currículo base de la carrera, juegan un papel significativo en la formación del ingeniero metalúrgico y materiales.

En el proceso de enseñanza aprendizaje se comprobó que la profesionalización, el vínculo teoría práctica, es de singular importancia como se muestran en las figuras 2 y 3. En la primera se establece su interrelación con las categorías; conocimiento, habilidad, motivación, pensamiento lógico y creatividad teniendo como eslabón central de la asignatura.



Figura 2. Interrelación profesionalización-proceso docente. Elaboración propia.



Figura 3. Interrelación profesionalización-sociedad. Elaboración propia.

En esta figura 3, la profesionalización a través de la aplicación de conceptos, leyes y métodos en la fundamentación científica de las transformaciones físico química, es elemento indispensable en la elección de la tecnología a aplicar, y la selección óptima de los variables tecnológicas que determinan la eficiencia del proceso tecnológico, por tanto, contribuye a afianzar en los estudiantes el concepto de economía circular, o sea, el uso racional de los recursos naturales, la protección del medio ambiente que tributan al desarrollo social del país.

Conclusiones

1. La profesionalización de la Química Física en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales, requiere tener en cuenta:

- uso de ejemplos de procesos tecnológicos aplicados industrialmente,
- análisis documental de los programas de las disciplinas de la carrera.
- perfeccionar el sistema de evaluación de las asignaturas,
- aplicar las estrategias del modelo del profesional,
- perfeccionar el trabajo metodológico interdisciplinario de la carrera.

2- La profesionalización en la enseñanza de la Química Física permite perfeccionar el proceso docente en la carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales al lograr:

- la interrelación del sistema de conocimientos y habilidades con otras disciplinas,
- fortalecer el vínculo estudiante-profesor en el proceso de enseñanza aprendizaje,
- mayor motivación de los estudiantes en el estudio de la Química Física y la carrera
- mejorar la preparación en la formación del profesional,
- analizar procesos tecnológicos aplicados industrialmente o en las investigaciones,
- usar manuales con base de datos,
- contextualizar el desarrollo metalúrgico nacional.

Referencias bibliográficas

1. Ministerio de Educación Superior. Resolución No 47/2022: Reglamento del trabajo docente-metodológico. La Habana: Ministerio de Educación Superior; 2022. Cuba.
2. Bermúdez R, Pérez LM. Jerarquía motivacional de los estudiantes de la Universidad. Referencia Pedagógica. [Internet]. 2023, 1(1): 185-199. Disponible en: <https://rrp.cujae.edu.cu/index.php/rrp/article/view/337>
3. Ministerio de Educación Superior. Plan de Estudio E. Comisión Nacional de la Carrera de Ingeniería en Metalurgia y Materiales. Modelo del profesional. 2018. Cuba.
4. Gato A, Breijo T, Rodríguez S. La profesionalización para el desarrollo de modos de actuación profesional competentes en los profesores habilitados. Pedagogía y Sociedad

Internet]. 2017; 20 (50): 197-214.

Disponible en: <https://unissva.uniss.edu.cu/handle/123456789/8044>

5. Pimentel D. Química aplicada: Material de consulta para profesionalizar la asignatura en la carrera de Ingeniería Civil en la Universidad Tecnológica de la Habana. (Procesos formativos y desarrollo profesional). Universidad Pedagógica "Enrique José Varona". 2018.
6. Marino A. Garrido M. Díaz J. Necesidad de valorizar el desarrollo del pensamiento lógico en la enseñanza de la ingeniería. Revista Referencia Pedagógica. [Internet]. 2021, 9(1): 3-14. Disponible en: <https://rrp.cujae.edu.cu/index.php/rrp/article/view/223>
7. Zambrano N. El desarrollo de la creatividad en estudiantes universitarios. Conrado. 2019. 15(67): 354-359. Disponible en: <https://conrado.ucf.edu.cu/index.php/conrado/article/view/970>
8. Garrido M, Marino A, Sosa M. Termodinámica de la lixiviación ácida de los metales, óxidos, hidróxidos, carbonatos y sulfuros. Monografía, 2021. ISBN 978-959-261-605-9.
9. Garrido M. Termodinámica de los procesos pirometalúrgicos. Monografía. 2015. ISBN: 978-959-16-2554-0
10. Baker H y Kokamoto H. ASM Handbook, vol. 3: Alloy Phase Diagrams;. Materials Park, Ohio, ASM International. 1992, 2-173.
11. Garrido M. Equilibrio líquido sólido en sistemas de dos componentes. Monografía. 2022. ISBN.978-959-261-616-5.
12. Fernández D. La interdisciplinariedad como tendencia en la enseñanza de las ciencias, La Habana. Editorial Pueblo y Educación. 2004.
13. Delgado R, Gato C. La profesionalización de la Química en la especialidad Agronomía desde un enfoque medio ambiental. MENDIVE. [Internet]. 2018. 16(3): 409-425. Disponible en: <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/1429>
14. Fernández M, Cordero E, Peña A, González A, Delgado C. La interdisciplinariedad en las tareas docentes integradoras de la disciplina Formación Laboral Investigativa. Mendive. [Internet]. 2024. 22(1): e3559. Disponible en: <https://mendive.upr.edu.cu/index.php/MendiveUPR/article/view/3559>

Profesionalización en la enseñanza de la Química Física en la carrera de ingeniería en metalurgia y materiales

Contribución de autoría

Los autores han colaborado en partes iguales, en todas las etapas del artículo.

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses. Declaramos que estamos de total acuerdo con lo escrito en este informe y aprobamos la versión final.

Autores

Miguel Garrido Rodríguez. Doctor en Ciencias Técnicas. Departamento de Química Básica/Instituto de Ciencias Básicas Universidad Tecnológica de la Habana José Antonio Echeverría, CUJAE, La Habana. Cuba.

Dianely Pimentel Garriga. Master en Ciencias Pedagógicas. Departamento de Química Básica/ Instituto de Ciencias Básicas. Universidad Tecnológica de la Habana. José Antonio Echeverría, CUJAE, La Habana. Cuba

Mercedes Eulalia Sosa Martínez. Doctora en Ciencias Técnicas. Departamento de Metalurgia Química: Doctora en Ciencias Técnicas; Profesora Auxiliar Universidad de Moa. Antonio Núñez Jiménez. Holguín. Cuba.

