

LA ESTRUCTURACION DE LOS CONTENIDOS DE LA DISCIPLINA QUIMICA GENERAL. UNA NUEVA PROPUESTA

Isauro Beltran Nuñez*; **Otmara González Pacheco**

Facultad de Química - Universidad de la Habana - Zapata y G. C. - Habana 10400 - Cuba

Recebido em 4/10/95; aceito em 16/11/95

THE STRUCTURE OF THE CONTENTS OF THE GENERAL CHEMISTRY SUBJECT FOR THE MECHANICAL ENGINEER. ONE NEW PROPOSAL. The structure of a program for General Chemistry for Mechanical Engineering students is presented. From the basic tasks which a mechanical engineer with a wide professional profile must solve, the contents of the subject are determined, keeping the logics of the science of Chemistry, and these contents are structured with a systems approach.

Keywords: contents; system; program.

INTRODUCCION

La problemática de la estructuración de los contenidos específicos de las disciplinas docentes ha sido investigada con gran interés en los últimos años por especialistas de Didáctica de las Ciencias.

En la enseñanza de la Química General se han realizado diversos trabajos sobre la estructuración del contenido. Estos trabajos han sido orientados en lo fundamental a cambios en la secuencia de los temas de la disciplina.

N. G. Sálmina¹ estudió esta situación y demostró que los temas de la Química General reflejados en los libros de textos y materiales de estudio no tienen una lógica en su secuencia. En su trabajo Sálmina indica cómo en la mayoría de los casos, algunos temas de la disciplina se presentan como secciones aisladas. Producto de esta situación los temas estudiados se dan como características de la realidad química que no están derivados unos de otros.

Como consecuencia de lo anteriormente expuesto, en los libros y programas aparecen diferentes arreglos del contenido. Ejemplos son:

Arreglo I	Arreglo II	Arreglo III
Termodinámica	Estructura Atómica	Estructura Atómica
Enlace Química	Sistema Periódico	Sistema Periódico
Sistema Periódico	Enlace Químico	Enlace Químico
Soluciones	Termodinámica	Termodinámica
Electroquímica	Cinética	Equilibrio
Cinética	Soluciones	Cinética
	Electroquímica	Electroquímica

Según H. Hernández², el ordenamiento de los contenidos siguiendo estos criterios no garantiza una asimilación eficiente, pues los estudiantes olvidan rápidamente lo que en un momento determinado se suponía que habían aprendido, producto de que retienen en la memoria los conceptos y procedimientos objetos de estudio, como hachos aislados, y no como inmersos en una organización o estructura lógica.

Z. I. Zinchenko³, demostró que el éxito del recuerdo depende en gran medida del grado de organización con que se fija en la

memoria el objeto de estudio. Ello explica en parte, por qué fenómenos particulares estudiados en forma independiente, sin relacionarlos unos con otros, son más difíciles de comprender y de asimilar por los estudiantes.

Los criterios anteriores son reafirmados por R. Glaser⁴, quien confiere gran importancia a la estructuración de los contenidos, al reconocer que una persona eficiente no maneja fragmentos, sino segmentos coherentes de información, para la formación de las estructuras cognitivas.

DESARROLLO

La Determinación de los Contenidos de la Disciplina Química General. Metodología Propuesta

La problemática de la estructuración de los contenidos según una racional ha sido tratada en la pedagogía norteamericana y occidental. J. Bruner⁵, estima la necesidad de identificar núcleos privilegiados en los contenidos de las disciplinas científicas. Esa idea se relaciona con lo que se ha llamado "Didáctica de lo típico, lo ejemplar, lo fundamental", capaz de posibilitar un aprendizaje más grato, más útil, más significativo.

En el Departamento de Química General de la Facultad de Química del Instituto Superior Politécnico José A. Echeverría en la Habana, se trabajó en la búsqueda de criterios más eficientes para la definición de los contenidos de la disciplina Química General para el curso de Ingeniería Mecánica.

Como resultado de una investigación pedagógica se elaboró un nuevo programa vinculado a las tareas básicas del futuro profesional.

La determinación de los contenidos en el nuevo programa no parte de una derivación de objetivos de la manera tradicional, sino que asume como criterio fundamental, la definición del tipo de correspondencia de cada contenido con las tareas básicas del futuro profesional, de forma tal que evalúe y garantice el hecho de que los contenidos seleccionados se relacionen con la estructura función o historia de las tareas profesionales.

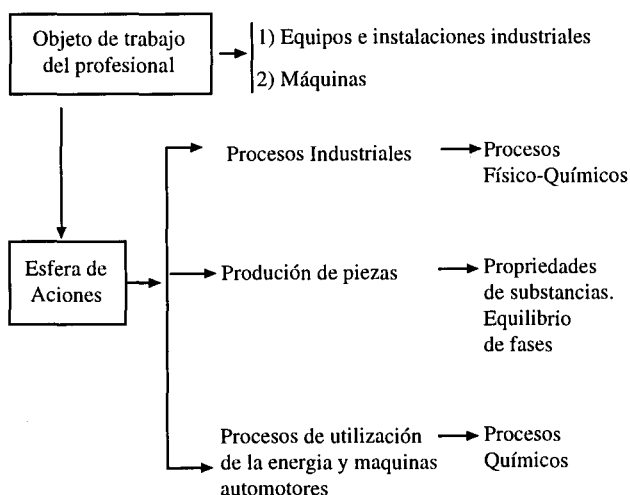
En el Plan de Estudio del curso de Ingeniería Mecánica en Cuba están definidas las tareas básicas de carácter general que resolverá el futuro profesional⁶. Estas tareas básicas son: proyectar, construir, diseñar, explotar y seleccionar.

Las tareas básicas con que se vincula la Química general son: seleccionar, explotar, proyectar y construir. Este vínculo puede expresarse en situaciones específicas del contenido de la Química, de forma:

* Professor visitante na Universidade Federal do Rio Grande do Norte
Endereço atual: Rua Praia de Upanema 2302, Cj. Ponta Negra -
59092-290 - Natal - RN

Tarea Básica de la profesión	Situaciones vinculadas a la Química General
Seleccionar Proyectar	Selección de materiales por sus propiedades
Exploitar Construir	1. procesos de generación de energía térmica (combustión), 2. procesos industriales afectados por la calidad de las aguas, 3. procesos industriales afectados por la corrosión, 4. procesos industriales vinculados a reacciones químicas, 5. generadores electroquímicos
Construir	recubrimiento metálico

Definida la vinculación de los contenidos a las tareas profesionales, se pasó a la determinación de los temas de la disciplina para este tipo de curso en el nuevo programa. Para este propósito se concretó el vínculo anterior de la forma siguiente:



De lo anterior se derivaron tres temas del programa:

Tema I. -Las sustancias. Propiedades.

Tema II. -Equilibrio de fases.

Tema III. -La reacción química como sistema.

En la definición y estructuración de los contenidos se considera además:

- la lógica de la ciencia y del conocimiento científico,
- la teoría de asimilación en que se apoya el proceso de aprendizaje,
- los objetivos y las tareas de enseñanza,
- la lógica psicopedagógica⁸.

a. La lógica de la ciencia y del conocimiento científico

Indica que un camino adecuado en el ordenamiento de los contenidos es:

- estudio de las sustancias y sus propiedades,
- estudio del equilibrio de fases, como consecuencia de la interacción física entre sustancias y partículas,
- la reacción química como consecuencia de la interacción entre sustancias.

Esta lógica permite el estudio del equilibrio de fases y de la reacción química con una base estructural, en correspondencia con las tendencias actuales para el estudio de la Química con un carácter científico.

b. La lógica de la teoría de asimilación

El proceso de aprendizaje en el nuevo programa está organizado según la lógica de la teoría de asimilación de nuevas acciones mentales del profesor ruso P. Ya. Galperin⁹.

De acuerdo con esta teoría la asimilación¹⁰ de los nuevos contenidos transita a través de un ciclo formativo que comprende las siguientes etapas o momentos funcionales: la motivación, una base orientadora para la nueva acción, la solución de tareas con un apoyo externo (material o materializado), una etapa donde se resuelven las tareas en el plano del lenguaje externo y por último la etapa de solución de las tareas en el plano mental, de forma independiente, lo cual garantiza que el conocimiento y el modo de actuar se conviertan en hechos del pensamiento.

El carácter de la Base Orientadora de la Acción¹¹ (conocida como BOA), debe posibilitar al estudiante resolver un conjunto grande de tareas del mismo tipo, dentro de los límites de generalización establecidos y de forma independiente. Este tipo de orientación dirige la estructuración de los contenidos a una estructuración sistémica

En la enseñanza de la Química el método de análisis sistémico de los contenidos ha sido utilizado en dos variantes separadas. Estos trabajos fueron desarrollados por N. Sálmina y Z. Reshetova de la Cátedra de Pedagogía y Psicología Pedagógica de la Universidad de Moscú.

El enfoque desarrollado por Reshetova¹² utiliza la variante funcional-estructural. Al estructurar el programa de la disciplina en esta variante, la autora parte del presupuesto de que por la lógica de la estructuración, se deberá formar un tipo de orientación sistémica para el estudio de los fenómenos de la realidad. Reshetova¹³ considera el pensamiento teórico en la época actual como una forma específica de reflejo de la realidad, al reflejar el objeto de estudio como sistema, su invariante (estructura estable), las posibles variantes de su existencia, las leyes (límites de estabilidad) y las propiedades esenciales del sistema debido a su estructura interna.

En este enfoque se describe el objeto de estudio en su nivel más desarrollado, en su totalidad, y se destaca en él su composición y estructura que garantiza su comportamiento en un sistema mayor. El tipo de enlace fundamental es el estructural-funcional, siendo este enlace el formador del sistema. Se destacan las características estructurales funcionales estables de cada nivel del sistema, denominadas invariantes, las cuales representan la esencia del conocimiento y la habilidad a formar en los estudiantes.

Este tipo de investigación sistémica presupone la presentación del objeto de estudio como un objeto complejo¹⁴. Su fin es detectar el mecanismo de su origen, el funcionamiento y desarrollo en sus características internas y externas. El objeto complejo es interpretado como una formación integrada, donde las propiedades íntegras específicas no se reducen a las propiedades de sus componentes ni se extraen de estas propiedades.

Con el enfoque funcional-estructural la variedad de fenómenos particulares estudiados se expresan a través de sus invariantes (núcleos generalizados de contenidos). Esto eleva sustancialmente las posibilidades del estudiante de pensar a nivel teórico.

El segundo tipo de enfoque aplicada en la Química General corresponde al enfoque genético, aplicado por N. Sálmina¹⁵.

En el enfoque genético se describe el objeto complejo como resultado del desarrollo de un elemento inicial del sistema (la célula). Las relaciones genéticas constituyen el tipo principal de relaciones de desarrollo del sistema.

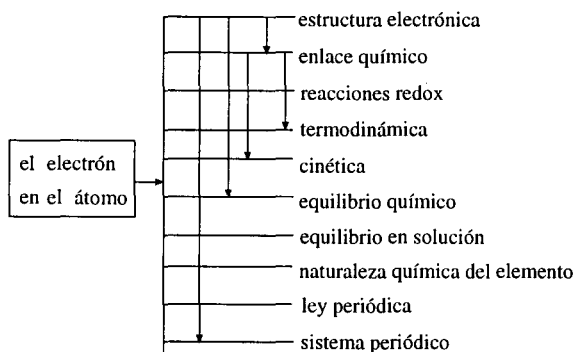
El concepto fundamental (la célula) y la contradicción

encerrada en el objeto definen la tendencia de su completo desarrollo en un todo.

N. Sálmina¹⁶ señala que la estructuración de la disciplina a partir del enfoque genético implica:

1. -análisis empírico del estado desarrollado del objeto de estudio,
2. -la distinción del concepto célula,
3. -distinción de la ley de desarrollo de lo simple a lo complejo.

La lógica de los contenidos de la Química General según este enfoque sistémico se representa en el siguiente esquema:



Todo lo cual tributa a las propiedades químicas de los elementos y compuestos.

A partir del concepto célula, la contradicción que encierra y las leyes de desarrollo, el estudiante va construyendo por deducción-investigación el sistema químico.

El enfoque genético aplicada a la estructuración de la disciplina para el curso de Ingeniería Mecánica en Cuba, presenta ciertas limitaciones¹⁷. A partir del concepto célula "el electrón en el átomo" consideramos que no es posible deducir todos los contenidos de la disciplina por las características de los objetivos para este curso. Ello implicaría una profundización extensa en la estructura de las sustancias sobre la base de diversas teorías para explicar fenómenos tales como la reacción química, lo cual no es objeto de estudio para este curso.

El programa de Química General para el curso de Ingeniería Mecánica se explica en un tiempo de 80 horas, con un nivel propio a las características de este tipo de curso. Estas ideas nos llevó a limitar la aplicación del enfoque genético al Tema I, correspondiente con la estructura de las sustancias y la habilidad de explicar propiedades de las sustancias vinculadas a sus aplicaciones en la ingeniería mecánica.

Para la estructuración de los contenidos de los Temas II y III se utilizó el enfoque sistémico funcional-estructural.

La estructuración sistémica de los contenidos es uno de los factores que garantiza el éxito de la enseñanza siguiendo la teoría de asimilación de P. Ya. Galperin, pues ofrece al estudiante un sistema adecuado para la orientación de la actividad que implica la utilización práctica de los conocimientos.

La estructuración sistémica de los contenidos contribuye además a ampliar la zona de desarrollo-próximo, definida por Vigotsky¹⁸, pues está encaminada, en lo fundamental, a la formación de acciones de orientación, las cuales son indispensables para la asimilación posterior de otro tipo de conocimientos.

c. Los objetivos y las tareas de la enseñanza

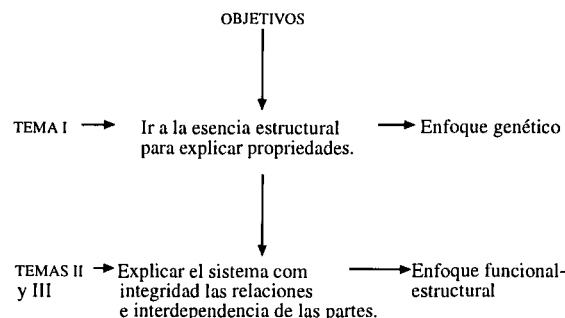
Uno de los objetivos de la enseñanza de la Química General para el curso de Ingeniería Mecánica está relacionado con capacitar al estudiante para explicar las propiedades de los materiales para ingeniería, a partir de la estructura de las sustancias, por la importancia que ello tiene para la profesión¹⁹.

Otro objetivo general expresa la comprensión de las

reacciones químicas, vinculadas a procesos industriales, como un todo, en sus aspectos termodinámico y cinético.

Un tercer objetivo está dirigido a formar en los estudiantes la habilidad de construir e interpretar diagramas de fases, cuya interpretación para los casos de sistemas binarios de aleaciones, les permitirá vincularlos con las propiedades y aplicaciones de las aleaciones metálicas.

Estos objetivos y tareas, así como las limitaciones del enfoque genético, señalado anteriormente por nosotros, motivó el hecho de combinar los dos tipos de enfoque sistémicos en la concepción de los contenidos del nuevo programa para la disciplina, según se muestra en:



El Tema I: Estructura de las sustancias y propiedades, se organiza en los subtemas:

- estructura atómica,
- ley periódica, propiedades atómicas periódicas,
- enlace químico, propiedades de las sustancias.

Se acepta como concepto célula: "el electrón en el átomo", como el concepto generador del sistema (la sustancia).

P. Thornton²⁰ coincide en la necesidad de distinguir el átomo del electrón en el átomo como generador del sistema. Según este autor, la mayor parte de las reacciones entre materiales tecnológicos se pueden interpretar en términos de los cambios en las configuraciones electrónicas que rodean al núcleo atómico.

Se distinguen dos leyes a las que responde el desarrollo de lo simple a lo complejo:

ley 1.- Un aumento de la carga del núcleo (adición de un protón) implica un aumento del número de electrones en la envoltura, hasta que se iguala al número atómico.

En el átomo existen fuerzas de atracción del núcleo hacia los electrones, pero cada electrón no sólo es atraído por el núcleo, sino también repelido por otros electrones (contradicción principal). La energía de cada electrón depende en esencia de esa contradicción y puede cuantificarse por la carga nuclear efectiva

El desarrollo de un átomo simple a otro más complejo se produce por la adición de una carga positiva (protón) al núcleo y un electrón en la envoltura, según el principio de construcción y las características energéticas del nuevo electrón están dadas por el valor de los números cuánticos, y por la contradicción principal mencionada.

ley 2.- El desarrollo que implica que un átomo se combine con otro está relacionado con la contradicción principal y determinado, en última instancia, por el estado energético de los electrones de valencia de los átomos que se combinan, y por las cargas efectivas de cada átomo sobre los electrones de valencia, de modo que los electrones de los átomos pueden "transferirse o compartirse", disminuyendo la energía del agregado atómico formado. A partir de estos conceptos puede deducirse el enlace químico a este nivel cognoscitivo.

Los subtemas estructura atómica, propiedades atómicas periódicas y enlace químico se desarrollan a través del hilo

conductor: "el electrón en el átomo".

Los estudiantes pueden deducir siguiendo ese hilo conductor la ley periódica, el comportamiento periódico de las propiedades atómicas, el enlace químico y propiedades de sustancias de interés.

La actividad deductiva-investigativa siguió el siguiente orden:

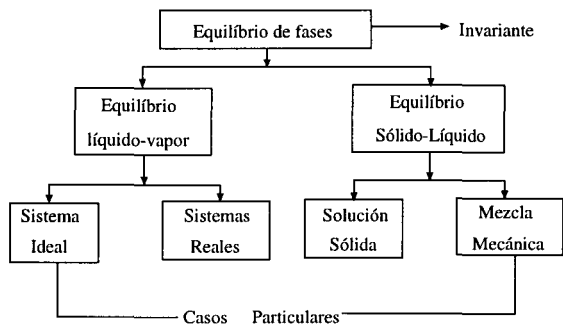
- concepto formador del sistema: el electrón en el átomo. Orbital atómico. Este concepto se deduce a partir de las teorías modernas de la mecánica cuántica,
- representación del sistema formado a partir del concepto célula,
- estructuras electrónicas de los átomos. Se deduce teniendo en cuenta los principios y reglas generales sobre el llenado de las capas electrónicas,
- clasificación de los elementos químicos según la estructura electrónica. Se deduce de las estructuras electrónicas de los átomos y de la naturaleza de los elementos químicos,
- ley periódica. Se deduce de las configuraciones electrónicas individuales de los átomos de un conjunto de elementos, descubriendo la regularidad en la configuración electrónica,
- propiedades atómicas periódicas. Las variaciones se deducen a partir de investigar cómo varían la carga nuclear efectiva y la fuerza con que el núcleo atrae los electrones externos,
- enlace químico, tipo de enlace. Se deduce a partir del electrón en el átomo y los tipos de átomos de los elementos que interactúan. Se investigan las condiciones de formación del enlace químico sobre la base de las estructuras electrónicas de los átomos y los principios de llenado de las capas electrónicas de los átomos,
- sustancias y sus propiedades. Se deducen las propiedades de algunas sustancias de interés a partir de investigar el tipo de enlace entre los átomos, la estructura de la sustancia, el tipo de partículas y las posibles interacciones entre las sustancias.

Este tipo de actividad permite que el estudiante pueda pronosticar la posibilidad de existencia de sustancias como una organización electrónica y describir sus propiedades concretas en término de hipótesis. De manera que este tipo de aprendizaje permite al estudiante resolver por sí sólo a través de una orientación general, tareas de este tipo que no le fueron enseñadas.

La organización de la deducción de las propiedades de las sustancias según este procedimiento permite además desarrollar en los estudiantes el conocimiento explicativo (entendido como construcciones dinámicas de hipótesis entrelazadas) que dan significado y profundidad a los conocimientos y a la vez se caracteriza por su carácter predictivo. Este tipo de conocimiento da respuesta al por qué de los hechos, conceptos y puede categorizarse como pensamiento causal²¹.

El Tema II : Equilibrio de fases, se estructuró con enfoque funcional-estructural. Los diferentes diagramas de fases se presentan como variantes de una esencia común (invariante). Esta situación puede ser representada por:

La Habilidad de interpretar diagramas de fases se formó en



los estudiantes según una orientación general que permite resolver todos los casos particulares conocidos y los no

conocidos dentro de los límites de generalización establecidos. Esto permite a los estudiantes ver detrás de cada caso particular la esencia común a todos ellos, lo cual contribuye con la posibilidad de pensar a nivel teórico.

En el Tema III: La reacción química, se estudian las reacciones como procesos que alcanzan un estado final de equilibrio, presentándose las reacciones completas como casos particulares de esta generalidad. Las reacciones químicas se estudian como consecuencia de la interacción entre sustancias.

La reacción se describe como un todo²², con los componentes estructural, termodinámico y cinético. Se destaca que toda reacción química en contacto con el medio, tiene rasgos esenciales comunes.

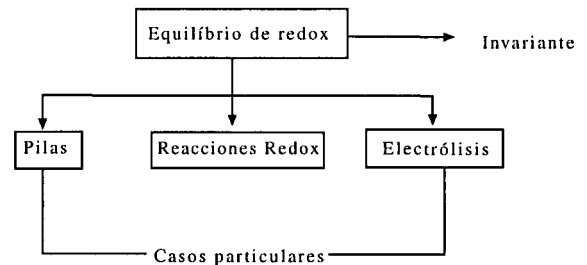
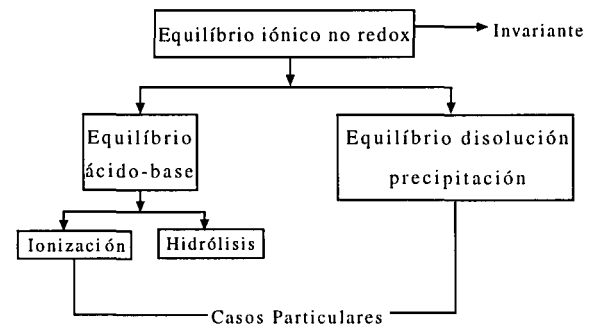
Se distingue el medio en que se produce la reacción. De acuerdo con las relaciones de la reacción con el medio se clasifica el sistema.

También se puntualizan ciertas leyes y principios importantes para la interpretación de las reacciones químicas.

El análisis de la reacción como sistema significa el análisis de este proceso teniendo en cuenta los elementos termodinámicos y cinéticos vinculados a elementos estructurales, para establecer como un todo las condiciones más adecuadas para la ocurrencia o no de la reacción química.

En el nuevo programa el estudio continúa por discutir los contenidos del equilibrio químico. Se clasifica el equilibrio en molecular e iónico. El equilibrio iónico se clasifica a su vez, en equilibrio que acontece con o sin cambios en los grados de oxidación. Estos contenidos se organizan de forma funcional-estructural como se muestra:

Los contenidos correspondientes a la corrosión electro-



química se plantean como una tarea de transferencia del tema de equilibrio de oxidación-reducción. Los estudiantes resuelven una tarea teórico-práctica en el laboratorio sobre este contenido.

d. La lógica psicopedagógica

Considerar la lógica psicopedagógica en la estructuración de los contenidos del nuevo programa significa tener en cuenta que:

- exista una exposición del material docente que se corresponda con las exigencias de una enseñanza adecuadamente organizada,

- se asegure el interés de los estudiantes por el conocimiento,
- exista accesibilidad en los conocimientos,
- se contribuya al carácter desarrollador de la enseñanza y a la formación de una concepción científica del mundo.

CONCLUSIONES

En la Educación Superior no es posible que los estudiantes aprendan todo y para siempre, por ello el centro de atención en el momento de estructurar los contenidos de las disciplinas debe estar en el tipo de aprendizaje a modelar y los métodos de transformación y construcción de la realidad por el estudiante. Los estudiantes pueden desconocer ciertas reglas y recomendaciones particulares, pero lo importante es que ellos asimilen conocimientos y métodos generales de trabajo que le permita la construcción de las reglas y recomendaciones particulares.

La selección y organización de los contenidos de la disciplina en el nuevo programa pudo realizarse sobre bases científicamente argumentadas. En el centro de esta organización se encuentra el enfoque sistémico, donde por primera vez se combinan sus dos variantes en un programa para la Química General.

La forma de estructurar el contenido en el nuevo programa permitió:

- racionalizar la presentación del contenido, así como el tiempo de estudio,
- elevar las posibilidades para el trabajo independiente y creativo de los estudiantes,
- contribuir a desarrollar en los estudiantes un pensamiento con orientación teórica.

La selección de los contenidos a partir de las tareas básicas de la futura profesión garantiza la profesionalización del programa a través de los propios contenidos, al expresar el estudio de la Química como una necesidad para la comprensión del componente químico del objeto de estudio. Esta profesionalización crea una motivación positiva en los estudiantes por el estudio de la Química, al comprender la importancia de esta disciplina en su futura profesión.

REFERÊNCIAS

1. Salmina, N.; *Revista La Educación Superior Contemporánea* **1984**, 3, 167.

2. Hernandez, H.; *Perfeccionamiento de la disciplina algebra linear*. CEPES. La Habana, 1989.

3. Citado en Rubinstein, J.; *Principios de la Psicología General*. Pueblo y Educación: La Habana, 1977, p.45.

4. Glaser, R.; *Revista Internacional de Ciencias Sociales*. 1988 Mar, 115.

5. Bruner, J.; *Una nueva teoría de aprendizaje*. Bloch, Rio de Janeiro, 1969.

6. Corral, R.; *Aplicación del método teórico en la elaboración del modelo profesional*, CEPES, La Habana, 1990.

7. Beltran, I.; *Revista Cubana de Educación Superior*. **1991**, XI.1-2, 45.

8. idem 1.

9. Galperin, P.; *Sobre el método de formación por etapas de las acciones intelectuales*. En *Antología de la Psicología Pedagógica y de las edades*; Pueblo y Educación: La Habana, 1986.

10. Galperin, P.; *Los tipos fundamentales de aprendizaje*; Universidad de la Habana: La Habana, 1974.

11. Galperin, P.; *Tipos de orientación y tipos de formación de las acciones y de los conceptos*; Universidad de la Habana: La Habana, 1959.

12. Reshetova, Z.; *Análisis istémico aplicado a la Educación Superior*; CEPES: La Habana, 1989.

13. Reshetova, Z.; *Formación del pensamiento teórico de los estudiantes en el proceso de estudio de la Química General en la Educación Superior*; CEPES: La Habana, 1978.

14. Gonzalez, O.; *Aplicación del enfoque de la actividad al perfeccionamiento de la Educación Superior*; Universidad de la Habana: La Habana, 1989.

15. Salmina, N.; *Revista La Educación Superior Contemporánea* **1984**, 3-47, 167.

16. idem 1.

17. Beltran, I.; *Perfeccionamiento de la Química General en el ISPJAE*; CEPES: La Habana, 1992.

18. Vigotsky, L.; *Pensamiento y Lenguaje*. Pueblo y Educación: La Habana, 1989.

19. Thornton, P.; *Ciencias de los materiales para Ingeniería*. Prentice Hall: México, 1987.

20. idem 19.

21. Furio, C.; *Revista Didáctica de las Ciencias*. **1994**, 8, 109.

22. Sanderson, R.; *J. Chem. Educ.* **1968**, 45, 423.