

ESTUDIO DE LA ESTRUCTURA INTERNA DE LOS PROBLEMAS EN LA ENSEÑANZA SUPERIOR

JOSÉ RAMÓN PÉREZ
DÍAZ*

Resumen

El presente trabajo está enmarcado en el estudio de la estructura interna de los problemas, desde la óptica de la Teoría General de los Sistemas. Mediante gráficos fueron llevados al plano perceptible los vínculos que se manifiestan entre los sistemas de conocimientos que forman parte de los datos, condiciones e incógnitas, para lograr un acercamiento a la comprensión de los complejos mecanismos mentales del proceso de formulación y contribuir al enriquecimiento de su joven plataforma teórica. Sus aportes están dirigidos a favorecer la creación de problemas químicos en el ambiente académico de la enseñanza superior.

Palabras clave: Formulación de problemas, estructura interna, problemas químicos, estructura de los problemas.

Abstract

This work is based on a study of the internal structure of problems, from the point of view of the General Systems' Theory. Using graphs links between the knowledge systems making up data, conditions and unknown factors concepts were taken to a more perceptible plane, in order to approach the understanding of the complex mental mechanisms of the formulation process and contribute to the enriching of their emerging theoretical platform. Contributions focus on the creation of chemical problems in the academic environment of higher education.

Key words: Problem formulation, problem elaboration, problem posing, internal structure, chemical problems, problem structure.

*Universidad de Holguín
“Oscar Lucero Moya”,
Cuba.
Facultad de Ingeniería
Mecánica. Departamento
de Física y Química
Correo e:
pperez@ict.uho.edu.cu
Ingreso: 28/06/05
Aprobación:14/03/06

Introducción

José Martí, el escritor profundo, el maestro de las nobles ideas, en uno de sus pensamientos escrito a finales del siglo XIX (Vitier, 1997: 290), expresó: “Educar, (...) es preparar al hombre para la vida”.

En Cuba, entre las múltiples acciones que se realizan en las instituciones educativas para contribuir a la educación integral de los niños, jóvenes y adultos está el trabajo con los problemas, que son las tareas docentes que simulan en el aula los diferentes problemas que se manifiestan en la vida diaria, las ciencias, la técnica, la naturaleza y la sociedad en general.

En el contexto pedagógico se han planteado variadas definiciones de su concepto, pero de ellas sobresalen tres rasgos esenciales:

- En todo verdadero problema el sujeto desconoce la vía de solución.
- Es una tarea docente con un nivel de complejidad, que exige de un esfuerzo cognoscitivo, y a veces también práctico, para su solución.
- Tiene un carácter relativo, porque para algunos sujetos puede ser un problema mientras que para otros, con mayor experiencia, habilidades y conocimientos, puede ser un ejercicio.

Está demostrado que son imprescindibles para la formación y desarrollo óptimo del pensamiento. Forman parte del conjunto de actividades que aportan a la creatividad y tienen una gran importancia por su carácter integrador en la asimilación de los conocimientos.

En lo educativo poseen una influencia positiva en la formación de valores, actitudes y cualidades de la personalidad, con un marcado efecto en el área volitiva, como la firmeza, la perseverancia, el autocontrol y lo relacionado con la auto evaluación. Se consideran un recurso

insustituible para potenciar el autoaprendizaje, así como para adquirir, perfeccionar y aplicar los conocimientos, hábitos y habilidades en forma independiente. En especial, los problemas experimentales tienen la particularidad de propiciar el contacto de los estudiantes con las habilidades motoras práctico-experimentales.

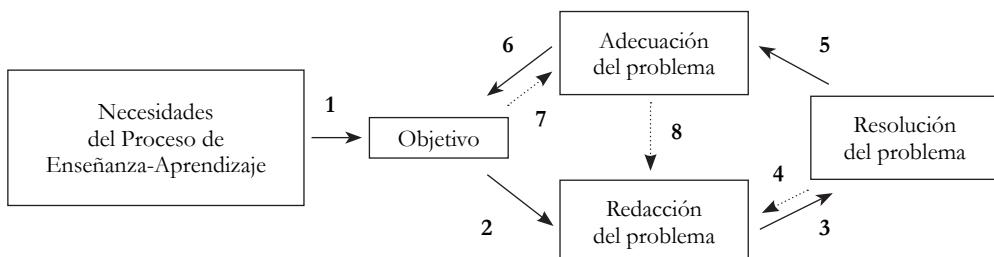
Es por todo ello que existe consenso entre pedagogos y psicólogos al considerar a los problemas como esenciales en la preparación de los estudiantes para la vida. Sin embargo, en contraposición a todas sus bondades, en los textos básicos se ha constatado que su cantidad y variedad son insuficientes para un aprendizaje individualizado, y los docentes no disponen de las herramientas metodológicas necesarias para formularlos.

En didáctica, el proceso de formulación de los problemas se define, según Labarrere (1980: 50) “como la actividad de crear, construir problemas de una forma relativamente independiente”. Es un tema muy poco estudiado en el ámbito nacional e internacional, las investigaciones realizadas son insuficientes y poco sistemáticas, lo cual explica la pobreza existente en los conocimientos teóricos acumulados.

Los aportes más trascendentales se remontan a 1957, por el matemático norteamericano George Polya, con sus estudios sobre los procedimientos generales. Otros que tuvieron un gran impacto al conjugar procedimientos, estrategias y técnicas fueron Schoenfeld (1985), Labarrere (1987), Kilpatrick (1987), Brawn y Walter (1990), Silver (1995), Campistrous y Rizo (1996) y Pehkonen (1997), todos en matemática.

De lo revisado, lo más actualizado sobre este tema es la investigación del joven matemático cubano Miguel Cruz, en cuya tesis doctoral (Cruz, 2002: 44) al referirse a sus procesos internos expresó: “La formulación es una actividad humana constituida por tres procedimientos esenciales: el planteo, la resolución y la adecuación”:

Estructura de un metaproblema



Como se puede apreciar, utilizó las necesidades como elemento primario para el logro del objetivo, aspecto positivo por incorporar componentes afectivos a lo cognitivo. También propone un modelo para la invariante funcional, que consiste en seis acciones mentales para el planteo inicial del problema: selección, clasificación, transformación, asociación, búsqueda y planteo, cuya estructura tiene el mérito de constituir el primer intento en el esclarecimiento de los fenómenos internos de la formulación.

Todos los antecedentes representan un progreso en el estudio de la formulación de problemas matemáticos, sin embargo, no develan los vínculos internos entre los conocimientos y habilidades que subyacen en su estructura interna y sus aportes teóricos son insuficientes para la comprensión de los procesos mentales que le son inherentes. Por otro lado, es una habilidad específica y los avances logrados en matemática no deben extrapolarse fríamente a otras disciplinas. Es por todo ello que se decidió profundizar en el estudio de la estructura interna de los problemas químicos, para favorecer, desde una posición teórica fortalecida, el proceso de su formulación, por parte de alumnos y profesores.

Para cumplir ese objetivo se utilizaron métodos teóricos como el análisis y la síntesis, la inducción y la deducción, el sistemático estructural y la modelación, junto con métodos empíricos como la observación y la experimentación, entre otros, para enriquecer la incipiente plataforma teórica del proceso de formulación de los pro-

blemas químicos, y fundamentar las técnicas que contribuyen a incrementar la cantidad, calidad y variedad de esta tarea docente en las carreras de Ingeniería.

Desarrollo

En este trabajo se abordó la formulación de los problemas desde la óptica de la Teoría General de los Sistemas de L. V. Bertalanffy. Se parte del presupuesto que la comprensión de la estructura interna de los problemas, asumidos como sistemas, es esencial para la aplicación consciente de las herramientas metodológicas que facilitan su elaboración.

En la búsqueda de información sobre el tema se encontró que estructura, según (Singe, 1999: 95) “es la configuración de interrelaciones entre los componentes claves del sistema”. Otros autores, como Polya (1976), Labarrere (1980), Pehkonen (1995), Silver (1995) y Campistrous y Rizo (1996) entre otros, concuerdan al expresar que los datos, las condiciones y las incógnitas conforman la estructura interna de los problemas.

En los problemas químicos, donde las investigaciones no rebasan la posición de arrancada, los datos aportan información sobre las magnitudes químicas, las propiedades de las sustancias y sus transformaciones. Mientras que las condiciones son las que regulan los nexos internos y las incógnitas constituyen lo desconocido que es necesario encontrar o demostrar de la situación inicial.

En química hay tres tipos de problemas: los cuantitativos, los cualitativos y los experimentales. Los últimos difieren de los de matemáticos, en que además de exigir operaciones de cómputo, también utilizan operaciones práctico-experimentales que se realizan en el laboratorio para llegar a la solución final.

Los problemas químicos concebidos como sistemas tienen una estructura básica, en cuyo seno coexisten los contenidos de los programas de estudio, expresados a través de sus elementos estructurales, con vínculos particularmente sistémicos e intrasistémicos muy variados. Según (Bertalanffy, 1985: 148) en tales sistemas se manifiestan propiedades específicas como: “totalidad, centralización, jerarquía, equilibrio, dirección, integración, interacción, entre otras, para formar un todo orgánico”.

De esa forma los sistemas de conocimientos constituyen una de las materias primas esenciales para elaborar los problemas. El ser humano procesa la información memorizada mediante operaciones cognitivas de búsqueda, selección e interconexión, por tanto es importante conocer cómo se forman y guardan en la memoria los sistemas de conocimientos durante el proceso de enseñanza aprendizaje.

En esa dirección y desde el punto de vista teórico, se reconocen al menos dos tipos de integración: la genética y la estructural. Ambas contribuyen a enriquecer continuamente la cultura del alumno, es por medio de sus mecanismos que se forman y perfeccionan los sistemas de conocimientos generalizados.

La integración genética, que toma su nombre de su semejanza con la formación de los organismos vivos, es la que establece vínculos muy estrechos entre conocimientos que son semejantes y guardan una gran afinidad. Tiene la particularidad de fusionarlos por medio de los elementos comunes de los sistemas, los cuales forman los eslabones de una cadena con una estructura lineal compleja. Un ejemplo es el tema

sobre “La estructura electrónica, tabla periódica y enlace químico”, que presenta un elevado índice de generalización por abarcar tres grandes subsistemas.

La integración estructural, por el contrario, forma agrupaciones ramificadas, con vínculos muy fuertes entre los conocimientos que poseen características diferentes y poca afinidad. Su función es la de unir subsistemas aislados, que fueron asimilados en momentos distantes del proceso de enseñanza aprendizaje. Las tareas docentes de integración estructural son portadoras de los mecanismos que permiten ampliar los sistemas con nuevos conocimientos aislados. Esas tareas al ser resueltas provocan nuevos vínculos entre conocimientos durante los procesos lógicos de análisis y síntesis, que dan origen a los nuevos sistemas generalizados. Un ejemplo es la inclusión de los conceptos de estructura electrónica de los elementos en el entorno del sistema de los cálculos químicos.

Por otro lado, al continuar el estudio del proceso de formulación de los problemas, se llegó a la conclusión que por constituir un fenómeno mental, sus procesos internos son inaccesibles a la observación de los investigadores. Sobre lo difícil que resulta investigar los fenómenos subjetivos del pensamiento Vega, (1994: 28) expresó: “podemos observar directamente el producto externo del lenguaje, la memoria o el razonamiento, pero no los procesos mentales subyacentes”, es por eso que con el recurso de los gráficos sobre la estructura interna del problema, es posible llevar al plano perceptible y conocer cómo fueron conectados los conocimientos en la etapa final del proceso de formulación.

En el siguiente ejemplo, que es un problema muy sencillo sobre equilibrio químico, de la carrera de Ingeniería Mecánica, primero se estudian las operaciones de la vía de solución. Luego se llevan a un gráfico los vínculos establecidos entre los conocimientos que forman parte de los datos y las incógnitas, tal y como se describe más abajo.

Ejemplo 1

Una disolución tiene una concentración de iones magnesio igual a $0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ y de nitrato de amonio de $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$. ¿Cuál debe ser la concentración de amoníaco en la disolución, para que comience a precipitar el hidróxido de magnesio,

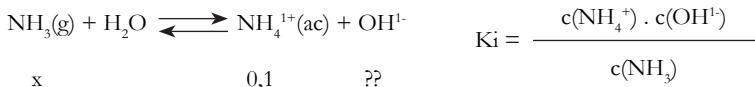
si para el NH_3 la $K_i = 1,8 \cdot 10^{-5}$, el Mg(OH)_2 tiene una $K_{ps} = 1,2 \cdot 10^{-11}$ y la sal NH_4NO_3 es un electrolito fuerte y soluble?.

Solución

De la información del texto del problema se pueden extraer los siguientes datos e incógnitas:

Incógnita principal	Incógnita secundaria
a) $c(\text{NH}_3) = ?$	b) $c(\text{OH}^1) = ??$
Datos	
1.- $c(\text{Mg}^{2+}) = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$	2.- $c(\text{NH}_4^{1+}) = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$
3.- $K_i = 1,8 \cdot 10^{-5}$	4.- $K_{ps} = 1,2 \cdot 10^{-11}$
Equilibrios que hay que considerar:	
$\text{NH}_3(\text{g}) + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{NH}_4^{1+}(\text{ac}) + \text{OH}^1(\text{ac})$	
$\text{Mg}^{2+}(\text{ac}) + 2 \text{OH}^1 \rightleftharpoons \text{Mg(OH)}_2(\text{s})$	

Al intentar calcular la concentración de amoníaco (incógnita principal) de la expresión de la constante de ionización surge la (incógnita secundaria) por desconocerse la concentración de los iones hidróxidos:



A continuación se pasa al equilibrio del electrolito fuerte y poco soluble:

$$K_{ps} = c(\text{Mg}^{2+}) \cdot c^2(\text{OH}^1) \quad c(\text{OH}^1) = \sqrt{6 \cdot 10^{-10}} = 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

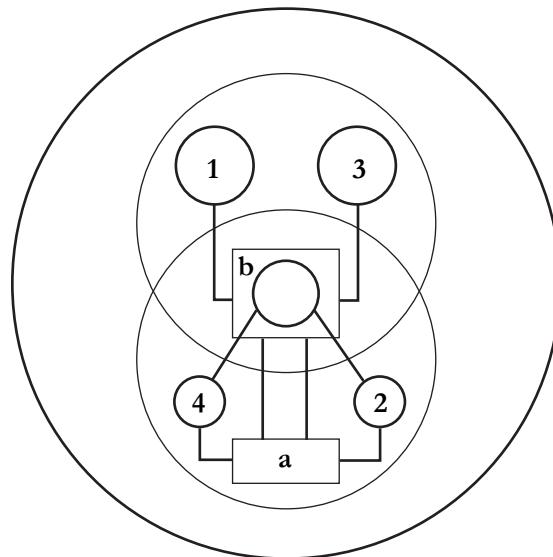
$$= \frac{K_{ps}}{c(\text{Mg}^{2+})} \quad c(\text{Mg}^{2+}) = 0,02 \text{ mol/L}$$

Luego se regresa al primer paso y por sustitución en la expresión de K_i se le da respuesta a la primera interrogante:

$$1,8 \cdot 10^{-5} = \frac{(0,1) (2,4 \cdot 10^{-5})}{c(\text{NH}_3)} \quad c(\text{NH}_3) = 0,13 \text{ mol.L}^{-1}$$

R/ Una concentración de amoníaco mayor que $0,13 \text{ mol.L}^{-1}$ aporta una $c(\text{OH}^-) > 2,4 \cdot 10^{-5} \text{ mol.L}^{-1}$ y precipita el hidróxido de magnesio.

Diagrama de un problema sencillo de equilibrio químico



El problema, como sistema, se representa por medio del círculo mayor para delimitarlo del medio externo. Los dos círculos de tamaño intermedio que se superponen en su interior, son indicativos de los dos subsistemas relacionados con el equilibrio iónico, en la parte superior el electrolito fuerte y poco soluble, y en la parte inferior electrolito débil y soluble. Los círculos más pequeños simbolizan a los datos y los cuadriláteros a las incógnitas, los cuales tienen en su interior una numeración o una letra que coincide con el orden que tienen en la solución. Las líneas dobles expresan los vínculos intrasistémicos y las simples los principalmente sistémicos.

Los dos subsistemas se integran de forma natural a partir de la concentración de los iones hidróxidos, que es el ion común de los dos equilibrios, utilizado como eslabón intermedio de la cadena. Las operaciones de la solución están indicadas de arriba hacia abajo en el mismo orden que transcurren. En el centro está representada la metamorfosis que experimenta la $c(OH^-)$ al pasar de incógnita a dato operativo del segundo paso, fenómeno ya comentado por Polya en la década de 1950.

En el ejemplo se cumplen las propiedades de los sistemas, por ejemplo, la totalidad está dada por su carácter integral, donde cada una de las partes entra en la composición de un todo, la jerarquía resulta evidente en la posición privilegiada que ocupa el dato-*incógnita* sobre la concentración de los iones OH^- y la centralización marca el aumento de los coeficientes de interacción, como los que se producen entre el dato 2 y la *incógnita* 1, entre otras.

Al continuar el estudio sobre la estructura interna salieron a luz nuevos elementos teóricos muy interesantes. Para entenderlos, imagine que se ha dado un doble click izquierdo sobre el dato número 1, y de la ventana emergen informaciones adicionales, en forma de datos *pasivos*, que aportan conocimientos sobre la fórmula y carga del ion magnesio, la masa molar del catión, la masa y el volumen de la muestra, etcétera. En su conjunto forman un subsistema de conocimientos implícitos, que por no participar en la solución, no estaban dados a la vista pública ni a la del resolutor.

Este tipo de datos difiere notablemente de los *operativos* utilizados en las operaciones de cálculo.

Ellos no tienen participación alguna en los pasos lógicos de la solución, sin embargo su decodificación reviste gran importancia para el estudio del proceso de reformulación, por constituir elementos estructurales que pueden ser modificados a voluntad en la variación de los niveles de complejidad.

Al ser clasificados los problemas como sistemas abiertos, se les pueden realizar cambios y reformularlos para obtener nuevos enfoques y diferentes grados de dificultad. A partir de un ejercicio tomado como punto de partida, es posible adicionar o extraer información con la intención de modificar su estructura interna y crear problemas. (Bertalanffy, 1985:162) expresó: “Las investigaciones en ciencias naturales han demostrado convincentemente que el desarrollo de los sistemas no está determinado sólo por los cambios en la composición, sino también por cambios en la ley de vinculación de los elementos”.

Si en el Ejemplo 1 se introducen ligeras modificaciones, como la de sustituir el nombre del ion magnesio por su estructura electrónica y en lugar de la información sobre concentración de la cantidad de sustancia se sitúan los de concen-

tración másica, entonces quedaría redactado de la siguiente forma:

Ejemplo 2

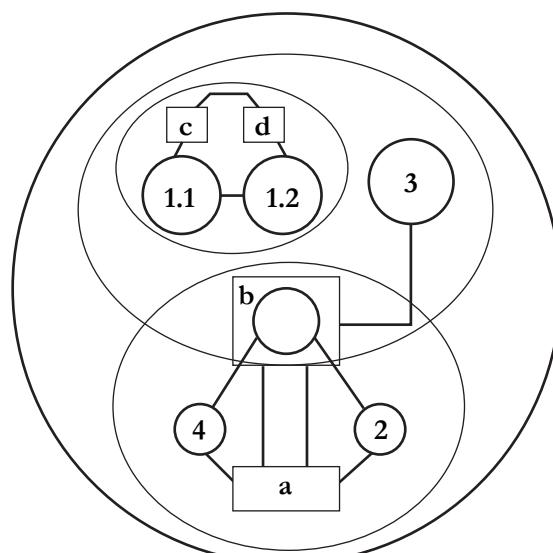
Una disolución tiene una concentración del ion M, de estructura electrónica $[1s^2 2s^2 2p^6]^{2+}$, igual 0,54 g.L⁻¹ y 0,1 mol.L⁻¹ de la sal nitrato de amonio. ¿Cuál debe ser la concentración de amoníaco en la disolución, para que comience a precipitar el hidróxido de magnesio, si para el NH₃ la Ki = 1,8.10⁻⁵, el Mg(OH)₂ tiene una Kps = 1,2.10⁻¹¹ y la sal NH₄NO₃ es un electrolito fuerte y soluble?

Al incorporar a su estructura un micro problema con nuevos datos e incógnitas, que operan de forma paralela a las del problema inicial se está variando su complejidad. Ahora se desconoce la fórmula del catión metálico de la disolución y la masa molar del elemento para calcular la concentración en mol.L⁻¹, por tanto, hay que trabajar con la expresión de concentración de la cantidad de sustancia.

El diagrama del problema obtenido, como es lógico, también tiene una nueva estructura. Observe:

Diagrama de un problema con integración estructural

Incógnitas: C)Símbolo de M = ? d) c(M ²⁺) = ?? Datos: 1.1. -Est. electrónica M $[1s^2 2s^2 2p^6]^{2+}$



Al margen de los niveles de complejidad, que es un tema pendiente de investigación, es evidente que hay grandes diferencias entre las simbologías representativas de sus datos e incógnitas. Después de analizar los diagramas de muchos problemas se detectaron regularidades que fundamentaron la concepción de que tienen una estructura de sistema, en la cual coexisten diferentes tipos de datos e incógnitas, que contrastan con el modelo actual de sólo tres componentes homogéneos. Así, tanto los datos como las incógnitas se pueden subdividir para su estudio, según los criterios que se asuman.

- En dependencia de su composición: *simples o compuestas*, a su vez, las compuestas pueden presentarse en diferentes formas, según los vínculos que interrelacionan los conocimientos que la conforman: *por inclusión, en cadena o de múltiple relación*.
- De acuerdo al tipo de información que involucran también se pueden clasificar en: *cualitativas o cuantitativas*.
- Según su forma de presentación en el texto: *explícitas o implícitas*.

Por su parte, los datos a diferencia de las incógnitas, también pueden ser:

Datos constantes

Son aquellos valores que aparecen en tablas y requieren de su búsqueda para la solución de la tarea. Ejemplos de datos constantes son las masas atómicas relativas y las masas molares, las constantes de equilibrio, el Número de Avogadro, el volumen molar, las entalpias y entropías, entre otras muchas.

Datos pasivos y operativos

Toman su nombre de acuerdo a su participación activa en la vía de solución del problema. Los pasivos están presentes de forma implícita, mientras que los operativos pueden ser identificados con facilidad por su carácter expreso en el texto.

Datos en exceso

Son las cantidades o cualidades que estando presentes de forma explícita en la tarea docente no establecen ningún tipo de vínculo con los demás elementos estructurales, por tanto cumplen la función de distractores en el proceso de solución.

Después de estudiar la estructura interna de los problemas desde el punto de vista de los sistemas, los nuevos conceptos teóricos presentados resultaron de gran interés en la concepción de las técnicas empíricas que facilitan el proceso de su formulación. A continuación se muestra un conjunto de aquellas que han demostrado ser muy útiles.

Técnicas de formulación de problemas

1.- Modelación

La técnica de modelación es un recurso asociativo de gran valor en la fluidez de los procesos lógicos de análisis y síntesis del pensamiento que se desarrollan en el acto de creación. Es el reflejo gráfico en el papel de las asociaciones que van conformándose como estructuras cognitivas, y los dibujos, esquemas y trazos, que inicialmente aparecen de forma aislada y sucesiva, luego se integran en forma de sistema en la etapa final. Constituye un buen instrumento por facilitar la asociación de ideas, ayuda a agruparlas espacialmente y facilita su redacción en forma coherente. Se apoya en diagramas facilitadores.

2.- Tanteo-error

Consiste en un proceso continuo de adecuación y ajuste, de búsqueda y prueba de los datos y/o las incógnitas a partir de las condiciones iniciales, hasta encontrar las más adecuadas. La búsqueda puede ser de tipo inteligente o arbitrario, y también pueden incluir modificaciones en las

condiciones, para influir en el ordenamiento estructural.

3.- Asociación por analogía

En esta técnica se hace uso de la reproducción en una primera fase. Consiste en establecer nuevos nexos entre datos e incógnitas en un nuevo entorno, al seguir formatos preestablecidos en la memoria, y obtener formas de presentación y enfoques. A partir de las ideas iniciales se hacen cambios según el objetivo que se persiga, para obtener al final un problema derivado, que aunque no se caracteriza por su originalidad, sí constituye una nueva tarea.

Estas tres primeras técnicas son tipificadas como complementarias, por actuar de forma combinada y más bien son instrumentos de ayuda, según la situación inicial que se tome como punto de partida. Las siguientes son denominadas básicas por su gran influencia y jerarquía en la formulación, sin embargo, tanto las complementarias como las básicas se utilizan de forma combinada en la práctica.

4.- Integración por inclusión

Consiste en elaborar incógnitas compuestas a partir ejercicios cuyos incisos construidos en cadena, mantienen una gran dependencia, luego se eliminan los iniciales hasta dejar sólo la incógnita final.

5.- Reformulación

Es utilizada para la reconstrucción de la estructura gramatical y de sistema de la tarea inicial, según un objetivo prefijado. Se diferencia de la analogía por la profundidad de los cambios introducidos. Se trata de obtener nuevos nexos entre incógnitas y datos con imaginación y creatividad en los cambios, que de forma general pueden ser:

- Introducir nuevas condiciones o modificar las viejas.

- Cambiar las magnitudes de los datos cuantitativos.
- Sustituir los datos cuantitativos por cualitativos o viceversa.
- Convertir en incógnita teórica o experimental la fórmula de las sustancias involucradas.
- Agregar datos en exceso como distractores.
- Reducir los datos a un mínimo o dejarlos en defecto.
- Convertir los datos o incógnitas simples en compuestas.
- Emplear incógnitas con varias soluciones, indefinidas o sin solución, entre otras.

6.- Fusión de tareas (o contenidos) auxiliares

Como parte de las estrategias de integración, la fusión de tareas docentes auxiliares constituye una de las más importantes. Es poco empleada debido a la elevada complejidad que implica el establecimiento de relaciones múltiples entre datos e incógnitas que proceden de ejemplos diferentes, aunque también pueden ser integrados diversos contenidos previamente seleccionados, que guarden una relación directa o indirecta. Consiste en fusionar dos o más contenidos (que pueden o no proceder de otras tareas), mediante los mecanismos de la integración externa o interna.

Agotado el tema teórico sobre los tipos de datos, incógnitas y técnicas de formulación, observen a continuación cómo se procede en su aplicación práctica, para la formulación de un problema complejo. En los ejemplos se combinan técnicas, con el predominio de la integración por inclusión y la obtención de una incógnita compleja de inclusión.

Ejemplo 3

Al mezclar muestras de las sustancias simples gaseosas A, B y C en un recipiente cerrado se produjo una explosión. Inicialmente la sustancia A está formada por 0,33 mol de la sustancia más ligera y abundante del universo, la sustancia B, de átomos con estructura electrónica simplificada

(He) $2s^22p^4$ contenía 0,15 mol, y el elemento químico de la muestra de 0,03 mol de la sustancia C está ubicado en el grupo VIIA y periodo 3 de la tabla periódica. Si la mezcla obtenida por las reacciones tiene una densidad de $1,135 \text{ g.cm}^{-3}$, responda:

- ¿Cuáles son las fórmulas químicas de las sustancias A, B y C?
- ¿Qué sustancias compuestas se formarán por la explosión?
- Calcule la cantidad de sustancia de cada una de las sustancias formadas.
- ¿Qué masa tiene la disolución líquida resultante?
- Calcule la concentración de la cantidad de sustancia de dicha disolución.
- Determine el pH de la disolución formada.

Observe que el ejercicio formulado está caracterizado por un conjunto de incisos, cuyas incógnitas conforman un grupo de pasos con una secuencia lógica en su solución. Cada incógnita resuelta se convierte en un dato activo imprescindible para responder la incógnita siguiente, conformando una cadena donde cada

inciso aporta nuevos eslabones. En didáctica este tipo de tarea docente se denomina ejercicio con preguntas en cadena.

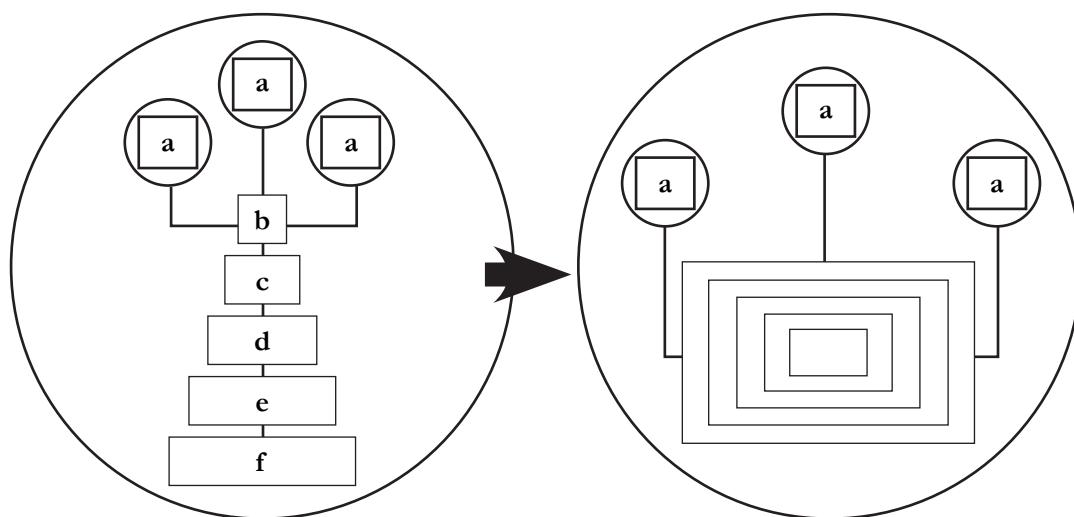
Para la formulación del problema es procedimiento consiste en eliminar todos los incisos iniciales y sólo dejar la última incógnita.

Ejemplo 4

Al mezclar muestras de las sustancias simples gaseosas A, B y C en un recipiente cerrado se produjo una explosión. Inicialmente la sustancia A está formada por 0,33 mol de la sustancia más ligera y abundante del universo, la sustancia B, de átomos con estructura electrónica simplificada (He) $2s^22p^4$ contenía 0,15 mol, y el elemento químico de la muestra de 0,03 mol de la sustancia C está ubicado en el grupo VIIA y periodo 3 de la tabla periódica. Si la mezcla obtenida por las reacciones tiene una densidad de $1,135 \text{ g.cm}^{-3}$, responda, calcule el pH de la disolución formada.

Para la solución de este problema se tiene que transitar por todos los pasos lógicos derivados de la solución del ejercicio, pero ahora el resolutor

Diagrama de las estructuras internas de un ejercicio en cadena y un problema con incógnita de inclusión



desconoce la vía de solución y la actividad exige de un gran salto intelectual, lo cual es característico de este tipo de tarea docente. A continuación se representan gráficamente ambas estructuras internas y usted tiene la posibilidad de comparar sus niveles de complejidad.

Para finalizar, es necesario comentar la forma y características de las incógnitas presentes. La incógnita cualitativa situada en la parte superior del gráfico, característica de algunos tipos de problemas cualitativos, se ha situado en el interior de los datos porque forma parte de su estructura de sistema, su actividad está limitada a ese entorno en la identificación de la naturaleza de las sustancias A, B y C. Al ser resueltas se convierten en tres datos compuestos, donde las fórmulas de las sustancias aportan una importante información para las reacciones químicas (datos cualitativos activos), mientras que las informaciones sobre las cantidades de sustancias de las muestras, en su conjunto, conforman los datos cuantitativos activos para la realización de los cálculos químicos.

Por otro lado las incógnitas situadas en la parte inferior de los gráficos tienen diferentes características. En el ejercicio clasifican como simples, con diferentes niveles de dependencia y jerarquía, mientras que en el problema aparece como incógnita compuesta de inclusión. Esta última tiene la característica de evolucionar en

el proceso de solución de adentro hacia fuera, en una metamorfosis semejante a la anterior, es decir, en una transición de incógnita a dato.

Conclusiones

Al concebir a los problemas químicos como sistemas, ha sido posible profundizar en su estructura interna, para caracterizar los distintos tipos de datos e incógnitas y develar las formas en que se vinculan los sistemas de conocimientos que le son inherentes. Con la ayuda de gráficos, también se ha logrado avanzar, modestamente, en la comprensión de los procesos mentales preconscientes y ampliar su plataforma teórica, para iniciar la dirección metodológica del aprendizaje de esta importante actividad en la enseñanza superior.

A pesar de los pasos dados, aún queda mucho por andar en el empedrado camino del estudio de sus procesos mentales y en la creación de herramientas metodológicas que facilitan su enseñanza en las instituciones educativas. Como habilidad específica aún no se conoce su estructura interna, lo cual dificulta su adecuada formación y desarrollo. Además, como actividad creativa, necesita de un sistema de acciones bien estructurado que motiven su instrumentación en el ambiente de la docencia.

Referencias

- BERTALANFFY, L. Von *et al.* (1985). *La didáctica y los métodos científicos generales de investigación*, La Habana, Editorial Ciencias Sociales.
- BROWN, S. I. & M. I. Walter (1990). *The art of problem posing*, 2nd ed., New Jersey, Albans, Hillsdale.
- CAMPISTROUS, Luis y Celia Rizo (1996). *Aprende a resolver problemas matemáticos*, La Habana, Editorial Pueblo y Educación.
- CRUZ, Miguel (2002). *Estrategia metacognitiva en la formulación de problemas para la enseñanza de la matemática*, en Actas del Segundo Congreso de Didáctica de las Ciencias, La Habana, MINED, Organización de Estados Iberoamericanos.
- KILPATRICK, J. (1987). "Problem formulation: where do good problem come from?", in A. H. Schoenfeld (Ed.). *Cognitive science and mathematics education*, Erlbaum, Hillsdale.

- LABARRERE, Alberto (1980). "Sobre la formulación de problemas matemáticos por los escolares", en *Revista Educación*, No. 36, La Habana.
- PEHKONEN, E. (1997). "The state of art in mathematics creativity", *ZDM*. 29 (3).
- POLYA, George (1976). *¿Cómo plantear y resolver problemas?*, México, Editorial Trillas.
- SCHOENFELD, A. (1992). "Learning to thing mathematically problem solving, metacognition and sense making in mathematic", in De Grouwns (Ed.). *Handbook for research in mathematics teaching and learning*, New York.
- SINGE, Peter et al. (1999). *La quinta disciplina*, Barcelona, Ediciones Granica.
- SILVER, E. A. (1995). "The nature and use of open problem in mathematics education: mathematical and pedagogical perspectives", *ZDM*, 2.
- VEGA, Manuel (1994). *Introducción a la psicología cognitiva, Tomo II*, Madrid, Editorial Alianza.
- VITIER, Cintio (1997). *Martí en la universidad*, Tomo IV, La Habana, Editorial Félix Varela.