

## **Ejercicios de Química General enfocados hacia el perfil del profesional de carreras nucleares**

### *General Chemistry Exercises Focused on the Professional Profile on Nuclear Careers*

*MSc. Maritza Lau-González, Dr.C. Ulises Jáuregui-Haza, MSc. José Ángel Corona-Hernández, MSc. María Teresa Santamaría-Arbona, MSc. Aidamary Abreu-Díaz*

*maritza@instec.cu, ulises@instec.cu, corona@instec.cu, arbona@instec.cu, aidamary@instec.cu*

*Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC), La Habana, Cuba*

Recibido: 22 de enero de 2016

Aprobado: 8 de mayo de 2016

---

### **Resumen**

La asignatura Química General forma parte del currículo base de la carreras de perfil nuclear Licenciatura en Radioquímica e Ingeniería en Tecnologías Nucleares y Energéticas. Tiene como principal objetivo la complementación, profundización e integración de los principios básicos de la Química como ciencia y, por su contenido, constituye una plataforma por excelencia para establecer relaciones interdisciplinarias con las asignaturas de las especialidades nucleares. El objetivo de este trabajo es presentar ejemplos de vinculación entre las asignaturas, a través de ejercicios soportados en la plataforma Moodle, concebidos para el trabajo independiente de los estudiantes, que además de facilitar la consolidación de los conocimientos adquiridos en la enseñanza precedente, y los que reciben en el mismo año de la carrera, permiten familiarizar a los estudiantes con el futuro de la profesión.

**Palabras clave:** Química General, interdisciplinariedad, ciencias nucleares, TIC, plataforma Moodle.

### **Abstract**

The subject General Chemistry is part of the base curriculum of the nuclear profile careers: Radiochemistry Careers and Engineering on Nuclear Technologies and Energetics. It has as main objectives the complementing, the deep analysis and integration of the basic principles of chemistry as a science, and due to its content, it constitutes an excellent platform to settle inter-subject relationships with those of the nuclear specialties. The aim of this paper is presenting linking examples among the subjects, through exercises that are supported in the Moodle Platform, conceived for the independent work of students, which besides facilitating the consolidation of the received knowledge in high school, and those ones in the first year of the career, allow them to be familiar with the future of their profession.

**Keywords:** General Chemistry, inter-subject relationships, nuclear sciences, TIC, Moodle Platform.

## Introducción

Las carreras de perfil nuclear se cursan en el Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas (InSTEC) y pueden optar por ellas estudiantes de cualquier parte del país.

La asignatura Química General forma parte del currículo base de las carreras de Licenciatura en Radioquímica (RQ) e Ingeniería en Tecnologías Nucleares y Energéticas (ITNE). Tiene como principal objetivo la complementación, profundización e integración de los principios básicos de la Química como ciencia; no obstante, los objetivos que se persiguen con la inclusión de esta asignatura en el plan de estudio son diferentes. En la Licenciatura en RQ se cursa en el primer semestre del primer año; constituye el eslabón intermedio lógico con la enseñanza precedente y su enfoque está dirigido a caracterizar, de un modo elemental, la sustancia y la reacción química, tanto desde un punto de vista estructural como estequiométrico, termodinámico y cinético, con el objetivo de sentar las bases para el estudio de las restantes disciplinas básicas. En la especialidad de ITNE se cursa en el segundo semestre del segundo año y tributa al desarrollo de una cultura ambientalista y la capacidad para enfrentar los retos que imponen los nuevos paradigmas técnico – económicos y sociales.

Por otra parte, en la especialidad de RQ, por el lugar que ocupa la asignatura en el plan de estudio (primer semestre), emergen serias dificultades de los estudiantes para asumir el estudio independiente por la carencia de habilidades para procesar de forma eficiente el volumen de información que demanda el estudio en la Educación Superior. En la especialidad de ITNE (cuarto semestre), la mayoría de los estudiantes se han adaptado a las características de la Educación Superior, pero los contenidos precedentes de la Química General se enmarcan en los recuerdos de la enseñanza media superior.

En este escenario, es imprescindible tener en cuenta las relaciones interdisciplinarias que se establecen a través de los nodos cognitivos, considerados como aquellos contenidos de un tema de una disciplina o asignatura, que incluye conocimientos, habilidades y los valores asociados a él, que sirven de base a un proceso de articulación interdisciplinaria en una carrera universitaria dada, para lograr la formación más completa del egresado, es decir el futuro profesional [1].

El contenido de la asignatura Química General constituye, por su esencia, una plataforma por excelencia para establecer relaciones interdisciplinarias con otras

asignaturas, como por ejemplo, las de la disciplina Preparación para la Defensa, a través del estudio de sustancias tóxicas de diferente naturaleza y los riesgos que, durante su manipulación y empleo, pueden presentarse para la salud humana, los recursos económicos y el medio ambiente [2]. En esta comunicación se enfatizará, esencialmente, en las relaciones interdisciplinarias con otras asignaturas de las especialidades nucleares. La figura 1 muestra el conjunto de asignaturas de la especialidad de la carrera de RQ (color azul) y de la carrera ITNE (color verde), con las que se establecen estas relaciones.

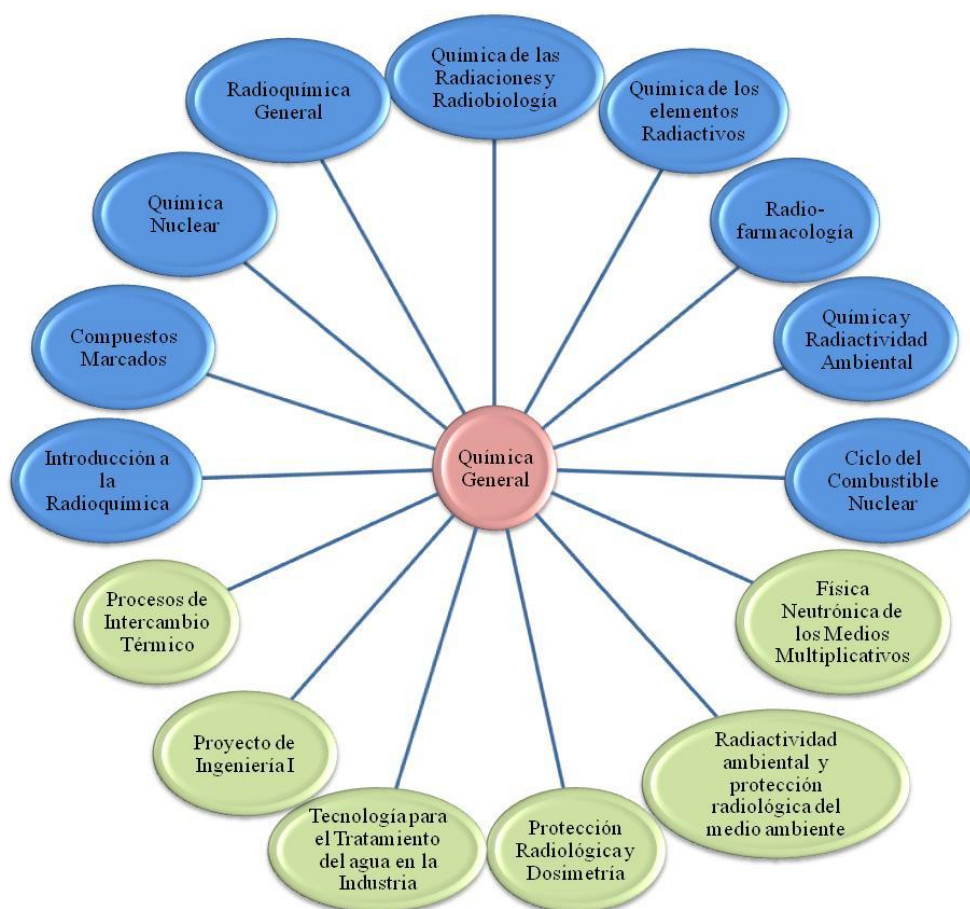


Figura 1. Relaciones interdisciplinarias con la Química General

Para potenciar el desarrollo de habilidades para aprender a aprender, Fariñas [3] enfatiza en preparar la mayor parte posible del contenido de la materia en forma de tareas de aprendizaje que expresen problemas de la realidad y que las mismas, tengan un sentido social–personal, para mantener la atención constante del aprendiz. A su vez, es necesario fomentar a través de las actividades de aprendizaje que se planifiquen, la sinergia entre las habilidades conformadoras del desarrollo personal: la organización temporal de la vida, la comprensión y búsqueda de información, la comunicación y el

planteamiento y resolución de problemas, pues por su poder integrador y generalizador se encuentran en la base de cualquier aprendizaje [4] y desde esta perspectiva, lograr que los estudiantes sean verdaderos gestores de su propio aprendizaje, asumiendo su autoeducación, entendido como el proceso intencional del sujeto, dirigido al autoperfeccionamiento, a la estructuración y reestructuración de la realidad personal y de la representación que la persona tiene sobre sí misma [5]. En este sentido, la motivación como esfera afectiva del hombre, juega un rol esencial pues mientras más significativos y atractivos sean los objetivos trazados por él, tanto más fuerte será su voluntad, más intensos sus deseos, más tenaz su ambición por alcanzarlos [6].

Por tanto, se impone la búsqueda e implementación de ejercicios como tareas docentes que eliminen la repetición memorística mecánica de definiciones y algoritmos, permitan la revelación por el alumno de las propiedades esenciales de los objetos de estudio, sus regularidades, los nexos con otros conceptos y que se relacionen con contenidos ligados a la esfera motivacional de los estudiantes.

Por todo lo anteriormente planteado y teniendo en cuenta que hasta el curso escolar 2013-2014, los instrumentos aplicados para el diagnóstico y caracterización de los alumnos revelaron una alta motivación de los mismos por sus carreras, lo cual, además de ser favorable para la asimilación de los contenidos de la asignatura, constituye un reto para el profesor en la búsqueda y preparación de tareas que satisfagan las expectativas de los discípulos y tributen a incentivar el interés por la profesión, y que, además, en el artículo 132 del reglamento Docente Metodológico [7] se enfatiza en la necesidad de concebir dentro del trabajo docente actividades que contribuyan específicamente a la reafirmación de la orientación profesional de los estudiantes desde los primeros años de la carrera; el colectivo de profesores de la disciplina Química General e Inorgánica, en un trabajo metodológico de mejora continua, ha concebido un conjunto de ejercicios enfocados hacia el perfil nuclear que pueden ser utilizados por los estudiantes de ambas especialidades.

Estos ejercicios se han utilizado en clases prácticas, actividades de control y hoy se encuentran asequibles a todos los estudiantes desde el curso de Química General soportado en la plataforma Moodle, teniendo en cuenta la importancia del uso de las tecnologías de la información y la comunicación en el proceso de autoaprendizaje [8]. El objetivo de este trabajo es presentar ejemplos de vinculación entre las asignaturas, a través de ejercicios de la asignatura Química General, concebidos para el trabajo

independiente de los estudiantes, que además de facilitar la consolidación de los conocimientos adquiridos en la enseñanza precedente, y los que reciben en el mismo año de la carrera, permiten familiarizar a los estudiantes con el futuro de la profesión.

## **Materiales y métodos**

Se aplicó un cuestionario mixto con el fin de conocer las percepciones de los estudiantes sobre su motivación por la carrera [9].

Selecciona, en orden decreciente de prioridad (1 mayor, 9 menor), cuál o cuáles de las situaciones siguientes motivaron tu ingreso a la carrera de Licenciatura en Radioquímica:

- a) Tener un buen salario.
- b) Poseer un título universitario.
- c) Complacer a la familia.
- d) Poseer conocimientos científicos.
- e) Ser radioquímico.
- f) Ser reconocido socialmente.
- g) Por tradición familiar.
- h) Ser un científico eminente.
- i) Otras, ¿cuáles?

Para la concepción de los ejercicios se trabajó en dos direcciones. La primera, la adaptación de problemas existentes en libros de Química General relacionados con las ciencias nucleares y en otros específicos del perfil de estudio. La segunda fue la elaboración de ejercicios propios a partir de datos de la literatura y de resultados de investigaciones científicas cubanas e internacionales. En total se prepararon 12 ejercicios, de ellos 8 constituyen adaptaciones para un 66,7 % y 4 son de elaboración propia para un 33,3 %.

El curso de Química General para Radioquímicos e Ingenieros en Tecnologías Nucleares y Energéticas está disponible en la Plataforma Moodle ([www.instec.cu](http://www.instec.cu)). En la figura 2 se muestra una imagen de un fragmento del curso para Radioquímicos en la que se señala el enlace a archivo con el nombre “Ejercicio vinculado al perfil del Radioquímico”.

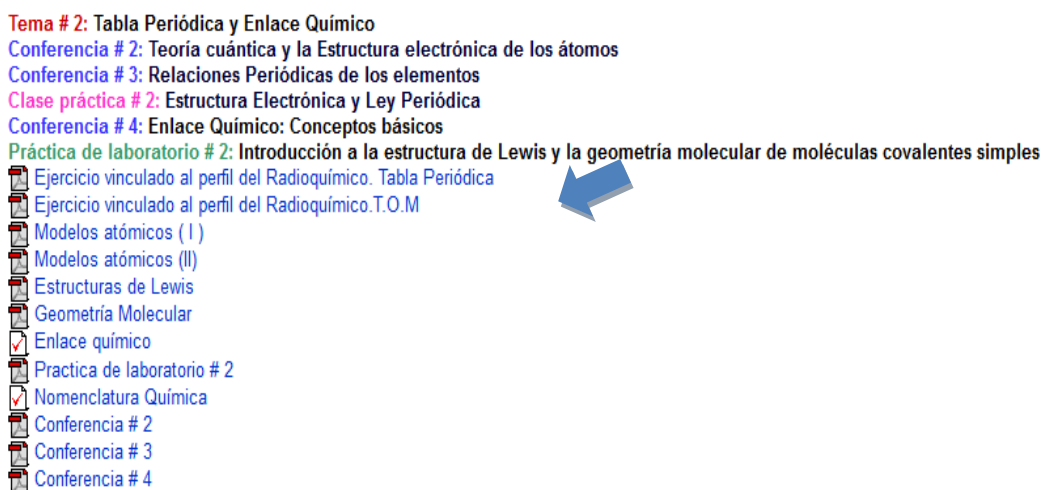


Figura 2. Imagen de un fragmento del Curso de Química General para Radioquímicos en la Plataforma Moodle

## Resultados y discusión

Teniendo en cuenta que la motivación constituye el resorte principal del ser humano para acometer cualquier actividad, se partió de conocer cuáles son las percepciones de los estudiantes sobre sus motivos para estudiar la carrera a través del Cuestionario Mixto. Se presentan los resultados de los estudiantes de la especialidad de RQ pues el número de horas de la asignatura en el plan de estudio (120 horas) es casi el doble que en la especialidad de ITNE (64 horas). Se encuestó el 97 % de los estudiantes (66 de 68) en el período correspondiente a los cursos desde el 2009-2010 hasta el 2013-2014.

La figura 3 muestra los resultados de la aplicación del cuestionario mixto, correspondiente a la percepción de los estudiantes sobre la primera situación que motivó su ingreso a la carrera de RQ.

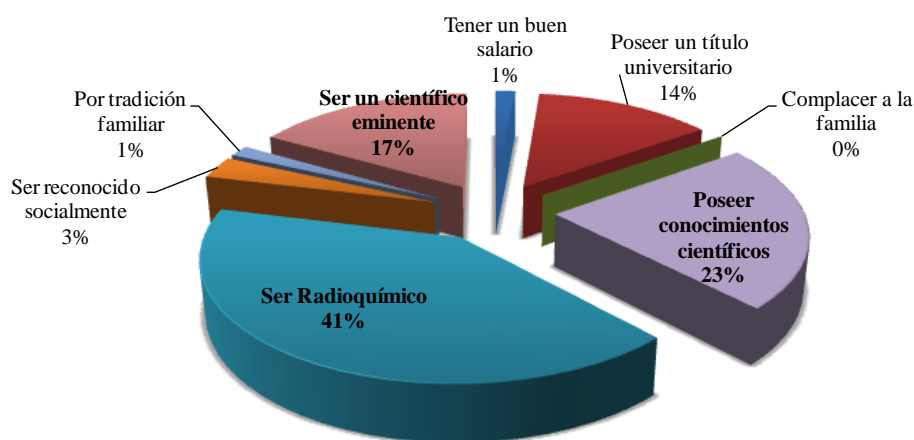


Figura 3. Percepción de los estudiantes relacionada con la motivación para ingresar a la carrera de Radioquímica

Como se puede apreciar en la figura 3, el mayor porcentaje de los estudiantes seleccionó en primer lugar el ser radioquímico, seguido de la necesidad de poseer conocimientos científicos o ser un científico eminente. En los intercambios desarrollados con los profesores a nivel grupal y también de forma individual emergen motivaciones, como son: querer aplicar esta ciencia en la lucha contra el cáncer, dominar la aplicación de técnicas nucleares con diversos fines pacíficos; y como denominador común el gusto por la Química como ciencia experimental.

El procesamiento de esta información ha permitido monitorear las motivaciones expresadas por los alumnos hacia la carrera antes de iniciar el curso. Los resultados positivos mostrados han constituido un reto para los profesores de la asignatura con vistas a mantener y/o elevar la motivación hacia la carrera, así como incidir sobre aquellos que, aunque en un porcentaje bajo, no manifestaron lo mismo. Es por ello, que se procedió a seleccionar o a elaborar ejercicios relacionados con el objeto de trabajo de las especialidades nucleares: los isótopos, las sustancias radiactivas y las radiaciones ionizantes, sus propiedades y transformaciones; definido en el Modelo del Profesional del licenciado en Radioquímica [10]; y áreas de la industria y los servicios donde se apliquen técnicas nucleares, definido en el Modelo del Profesional del Ingeniero en Tecnologías Nucleares y Energéticas [11]; así como las indicaciones metodológicas y de organización de la disciplina Química General e Inorgánica en las que se enfatiza en la utilización de ejemplos vinculados a la aplicación de la química y la radioquímica en el país, específicamente en el medio ambiente, la biología y la energética.

La tabla 1 muestra la interrelación entre los temas de la asignatura Química General a los que están vinculados los ejercicios enfocados hacia el perfil del profesional y las asignaturas de las especialidades de las carreras de RQ e ITNE a las que tributa, a través del contenido del ejercicio propuesto.

**TABLA 1. INTERRELACIÓN ENTRE LOS TEMAS DE QUÍMICA GENERAL, LOS EJERCICIOS Y LAS ASIGNATURAS DE RQ E ITNE DE ACUERDO A LOS EJERCICIOS**

| Temas de Química General              | Ejercicios                 | Asignatura de la carrera de RQ  | Asignatura de la carrera de ITNE   |
|---------------------------------------|----------------------------|---|--|
| “La Reacción Química”                 | 1<br>(adaptación)          | Introducción a la Radioquímica<br>Química Nuclear   | Protección Radiológica y Dosimetría<br>Física Neutrónica de los Medios Multiplicativos |
| “Tabla periódica y Enlace Químico”    | 2<br>(elaboración propia)  | Química y Radiactividad Ambiental   | Radiactividad ambiental y protección radiológica del medio ambiente                    |
|                                       | 12<br>(elaboración propia) | Química de las Radiaciones y Radiobiología  | Física Neutrónica de los Medios Multiplicativos<br>Protección Radiológica y Dosimetría |
| “Estados de agregación de la materia” | 3<br>(elaboración propia)  | Química de los elementos radiactivos  | Procesos de Intercambio Térmico  |
| “Termoquímica”                        | 4<br>(adaptación)          | Química de los Elementos Radiactivos<br>Química Nuclear<br>Tecnología Química<br>Ciclo del Combustible Nuclear  | Radiactividad ambiental y protección radiológica del medio ambiente                    |
| “Cinética”                            | 5<br>(adaptación)          | Introducción a la Radioquímica<br>Química Nuclear<br>Dosimetría y Protección Radiológica<br>Compuestos Marcados | Radiactividad ambiental y protección radiológica del medio ambiente                    |
|                                       | 6<br>(adaptación)          | Introducción a la Radioquímica<br>Química Nuclear<br>Radioquímica General                                       | Proyecto de Ingeniería I   |
|                                       | 7<br>(adaptación)          | Química Orgánica<br>Producción de Radioisótopos   |  |
|                                       | 8<br>(adaptación)          | Introducción a la Radioquímica<br>Química de los elementos Radiactivos  | Protección Radiológica y Dosimetría<br>Física Neutrónica de los Medios Multiplicativos |
|                                       | 11<br>(elaboración propia) | Radiofarmacología   | —  |
| “Equilibrio Químico”                  | 9<br>(adaptación)          | Química Analítica<br>Radioquímica General   | Tecnología para el Tratamiento del agua en la Industria                                |
| “Electroquímica”                      | 10<br>(adaptación)         | Química de los Elementos Radiactivos  | Proyecto de Ingeniería I   |



***Ejemplos de ejercicios de Química General para las especialidades de RQ e ITNE enfocadas hacia el perfil del profesional***

Se exponen 5 ejemplos de ejercicios. En cada uno de ellos se mencionan los objetivos específicos a alcanzar con el estudio del tema dentro de la asignatura de Química General.

**Ejercicio # 12**, vinculado al tema “**Tabla periódica y Enlace Químico**” con el objetivo de que el estudiante sea capaz de representar la estructura de las moléculas a través del modelo de la Teoría de Orbitales Moleculares (T.O.M.) e interpretar el mismo.

La radiación de partículas o de rayos  $\gamma$  puede quitar electrones a los átomos y moléculas que se encuentren en su trayectoria, formando así iones y radicales. Por ejemplo, cuando el agua se irradia con rayos  $\gamma$ , ocurre la reacción representada por las ecuaciones 1 y 2:



El electrón (en su forma hidratada) puede reaccionar después con el agua o con un ion hidrógeno para formar hidrógeno atómico, y con el oxígeno para formar el ion superóxido,  $\text{O}_2^-$  (un radical), ver ecuación 3.



Los iones superóxido y otros radicales libres atacan las membranas celulares de los tejidos y gran variedad de los compuestos orgánicos como enzimas y moléculas de ADN, lo cual puede inducir cáncer en seres humanos y en animales [12].

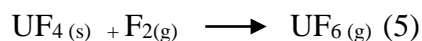
**Represente** la estructura del ion superóxido,  $\text{O}_2^-$  utilizando el modelo de la Teoría de Orbitales Moleculares (T.O.M.).

**Justifique** sobre la base de la estructura representada por qué el ion superóxido es un radical.

**Ejercicio # 4**, vinculado al tema “**Termoquímica**” con el objetivo de que el estudiante sea capaz de relacionar y resolver problemas relacionados con la ley de Hess.

El uranio-235 se utiliza como combustible en las plantas nucleares. Como el uranio natural contiene solo una pequeña cantidad de este isótopo, éste debe ser enriquecido con uranio-235 antes de que pueda ser utilizado. Para ello el óxido de uranio (IV) primeramente se convierte en la sustancia  $\text{UF}_6$  en forma gaseosa, y los isótopos son

separados con una técnica de difusión de gases [13]. Algunas de las reacciones fundamentales se representan mediante las ecuaciones 4 y 5:



Calcule la cantidad de calor involucrada en la producción de 225 toneladas de  $\text{UF}_6 (\text{g})$  a partir del  $\text{UO}_2 (\text{s})$  si se mantiene la presión constante.

Datos [14]:

| Sustancia                       | $\Delta H_f^0(x)$ (298.15 K) kJ/mol |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| $\text{UO}_2 (\text{s})$        | -1 085,0                            |
| $\text{UF}_4 (\text{s})$        | -1 914,2                            |
| $\text{UF}_6 (\text{g})$        | -2 197,3                            |
| $\text{HF} (\text{g})$          | -273,3                              |
| $\text{H}_2\text{O} (\text{g})$ | -241,83                             |

**Ejercicio # 5**, vinculado al tema “**Cinética**”, con el objetivo de que el estudiante sea capaz de interpretar gráficos de relación de la variación de concentración de reactivos y el tiempo de reacción, el concepto de período de semidesintegración y la ley de velocidad de reacción (ver figura 4).

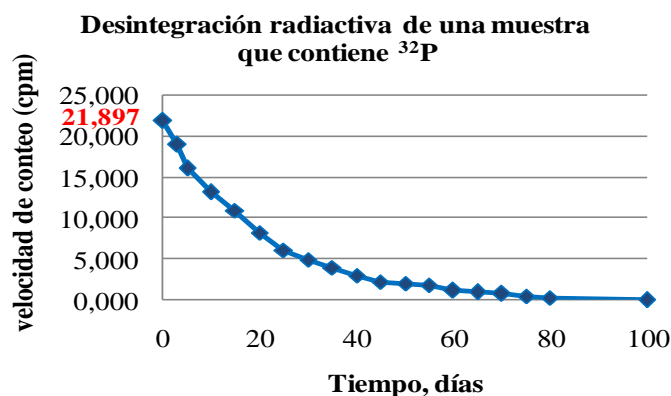


Figura 4. Desintegración radiactiva de una muestra que contiene  $^{32}\text{P}$

El fósforo 32 ( $^{32}\text{P}$ ) es de amplio uso en la investigación biológica y bioquímica. Para no tener que usar los muy caros contenedores de plástico especial para residuos radiactivos, los laboratorios suelen almacenar los residuos de  $^{32}\text{P}$  hasta que la radiactividad ha disminuido por debajo del 1 % de la actividad inicial y luego se vierten a los contenedores de residuos químicos. Supón que eres el encargado de la seguridad de un laboratorio y debes recoger los residuos de  $^{32}\text{P}$  ¿Cuántas semanas deberás dejar pasar

para estar seguro de que cada muestra tiene una radiactividad menor que el 1 % de la inicial? [15]. Se sabe que al graficar el ln (cuentas por minuto, cpm) contra el tiempo (días) se obtiene una línea recta de pendiente  $-4.85 \times 10^{-2} \text{ día}^{-1}$ .

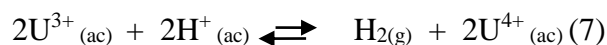
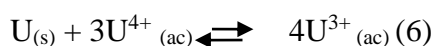
**Ejercicio # 9**, vinculado al tema “**Equilibrio Químico**” con el objetivo de que el estudiante se capaz de resolver problemas relacionados con el equilibrio iónico.

Las técnicas radioquímicas son muy útiles para determinar el producto de solubilidad de muchos compuestos. En un experimento, se mezclaron 100mL de una disolución de  $\text{NaIO}_3$  0,030 M con 50 mL de una disolución de  $\text{AgNO}_3$  0,010 M que contenía un isótopo de plata con una radioactividad de 74 025 cuentas por minuto por mL. La mezcla se diluyó a 500 mL y se filtró para eliminar todo el precipitado de  $\text{AgIO}_3$ . En el filtrado, se midió una radioactividad de 44.4 cuentas por minuto por mL. ¿Cuál es la  $K_{ps}$  del  $\text{AgIO}_3$ ? [16].

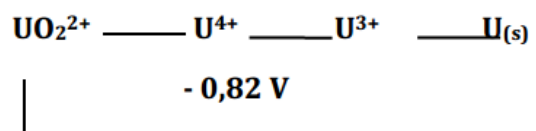
Nota: Suponga que el proceso se realizó en 5 minutos por lo que no es necesario corregir por decaimiento.

**Ejercicio # 10**, vinculado al tema “**Electroquímica**” con el objetivo de que el estudiante sea capaz de resolver problemas relacionados con la interpretación de los procesos presentes en una pila electroquímica, representar semiecuaciones de oxidación–reducción y resolver cálculos de potencial de electrodo a partir de la f.e.m. de la pila.

Se tienen dos pilas galvánicas que funcionan a base de las reacciones representadas por las ecuaciones 6 y 7:



Sus voltajes son, respectivamente, 1.09 V y 0,61 V a  $25^{\circ}\text{C}$  y 101,325 kPa para una concentración  $1 \text{ mol.L}^{-1}$  de las especies en disolución. Calcule los potenciales de reducción estándar ( $E^0$ ) de las dos semirreacciones en que interviene el uranio y complete el diagrama representado en la figura 5 de  $E^0$  [16].



**Figura 5. Diagrama de potenciales de reducción estándar para el uranio**

El sistema de ejercicios concebido se ha ido ampliando paulatinamente de modo que si en el curso 2007-2008, solo se utilizaron los ejercicios 1, 2 y 9 correspondientes a tres temas de la asignatura; ya actualmente se dispone de al menos un ejercicio por tema. A través de las actividades metodológicas concebidas desde la disciplina de Química General e Inorgánica se ha ampliado la participación de profesores de las asignaturas de la especialidad y el vínculo interdisciplinario, de modo que ellos también utilizan los ejercicios para el aseguramiento de nivel de partida al abordar estos temas. La resolución de las tareas propuestas por los estudiantes ha fluido sin dificultades, y han despertado interés manifestado a través de preguntas sobre los diferentes tópicos.

## Conclusiones

*A partir de la motivación de los estudiantes que estudian las especialidades nucleares de RQ e ITNE, se desarrollaron un grupo de ejercicios para la asignatura de Química General que vinculan los contenidos de esta materia con otras asignaturas del plan de estudio de ambas carreras. Los ejercicios están montados en la plataforma Moodle y fueron concebidos para facilitar la consolidación de los conocimientos adquiridos en la enseñanza precedente, los que reciben en el transcurso de la carrera y con el fin de familiarizar al estudiante con el futuro de su profesión.*

## Referencias bibliográficas

1. FERNÁNDEZ DE ALAIZA, B. La interdisciplinariedad como base de una estrategia para el perfeccionamiento del diseño curricular de una carrera de ciencias técnicas y su aplicación en la Ingeniería en Automática en la República de Cuba. (Tesis de doctorado en Ciencias Pedagógicas). La Habana. Cuba. 2001
2. LAU GONZÁLEZ M.; *et al.* “Actividades dirigidas al fortalecimiento de la Preparación para la Defensa en la formación de radioquímicos”. *Revista Cubana de Química*, 2015, **27**(1), 55-64.
3. FARIÑAS LEÓN, G. Aprender a aprender en la educación superior: experiencia cubana desde una perspectiva vygotskiana. En: TORRICELLA-MORALES, R.

- (Ed.). *Curso precongreso Universidad 2008*. La Habana: Editorial Universitaria, 2008, pp. 31-46. ISBN 978-959-16-0648-8
4. FARIÑAS LEÓN, G. *Psicología, educación y sociedad. Un estudio sobre el desarrollo humano*. La Habana: Editorial Félix Varela, 2005.
  5. NIEVES, Z.; OTERO, I. y MOLERO, O. “La formación profesional en la universidad de hoy: de la educación a la autoeducación”. *Revista Pedagogía Universitaria*, 2007, **12**, 2-11.
  6. RUBINSTEIN L. S. (1977). *Principios de la psicología general*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación, 1977.
  7. CUBA. MINISTERIO DE EDUCACIÓN SUPERIOR. Reglamento docente y metodológico. Resolución ministerial No.210/2007. La Habana: ENPSES, 2007. 74 p. <http://files.sld.cu/cimeq/files/2009/07/mes-res-210-2007.pdf>
  8. LAU GONZÁLEZ M.; *et al.* “Supporting Students’ Learning To Learn in General Chemistry Using Moodle” *Journal Chemical Education*, 2014, **91** (11), 1823–1829
  9. ZAYAS RUIZ, M.; *et al.* Enseñanza basada en problemas en Química General: enfoque desde la posición de los estudiantes. *Revista Pedagogía Universitaria*. 2004, **9**(4), 61-76.
  10. InSTEC. Modelo del Profesional de la Licenciatura en Radioquímica. La Habana.2006. <http://www.instec.cu/FCTN/index.php/es/radioquimica/licenciatura>
  11. InSTEC. Modelo del Profesional del Ingeniero en Tecnologías Nucleares y Energéticas. La Habana. 2006. <http://www.instec.cu/FCTN/index.php/es/ingenieria-nuclear>
  12. CHANG R.; COLLEGE, W. *Química*. Ed. McGraw-Hill Interamericana, 2002.
  13. KOTZ J.C.; *et al.* *The chemical world. Concepts and applications*. Ed. W. B. Saunders Co, 1994. ISBN 0-03-094659-x.
  14. CRC HANDBOOK OF CHEMISTRY AND PHYSICS. 90<sup>th</sup> Edition. 2010. Editor-in-Chief David R. Lide. Disponible en: <http://www.fptl.ru/biblioteka/spravo4niki/handbook-of-Chemistry-and-Physics.pdf>.
  15. COLECTIVO DE AUTORES. *Química. Un proyecto de la American Chemical Society*. Editorial REVERTÉ, S.A. 2005. ISBN: 84-291-7001-4.
  16. SIENKO M. J.; PLANE R. A. *Química*. Edición Revolucionaria. Instituto Cubano del Libro. 4ta edición, 1976.