

1. Datos Generales de la asignatura

Nombre de la asignatura:	Fisicoquímica
Clave de la asignatura:	NAF-0909
SATCA¹:	3-2-5
Carrera:	Ingeniería en Nanotecnología

2. Presentación

Caracterización de la asignatura

El contenido de esta asignatura aporta al perfil del Ingeniero en Nanotecnología, las bases teóricas necesarias para la comprensión, interpretación y predicción del comportamiento físico de sustancias puras en los estados de agregación molecular. Asimismo, la asignatura permite al estudiante comprender los fenómenos de superficie presentes en diferentes procesos. Entender los procedimientos para los cálculos y desarrollar habilidades para obtener información de las sustancias, a partir de la evaluación de sus propiedades coligativas o de los fenómenos de superficie asociados. Desarrollar habilidades de trabajo en el laboratorio para la medición de variables que permitan elaborar diagramas de fase, y a la vez, estimar las composiciones para otras condiciones.

La asignatura, por su aportación al perfil profesional, debe impartirse en el quinto semestre de la carrera cuando el estudiante ya tiene conocimientos de Química, cálculo de pesos moleculares, estequiometría, propiedades de la materia; de Física, estados de agregación de la materia, energía asociada a los cambios de fases; de Matemáticas, resuelve derivadas y de Análisis Instrumental, para determinar composiciones químicas en sistemas de reacción. Dichos conocimientos son necesarios para entender los fenómenos y principios analizados y calcular propiedades fisicoquímicas de algunos sistemas. Además, da soporte a asignaturas posteriores directamente relacionadas con la caracterización de nanomateriales, en lo concerniente a la preparación de la muestra y en la parte del análisis termogravimétrico, donde intervienen propiedades como capacidad calorífica; también incide en Síntesis de Nanomateriales, en lo relacionado a los equilibrios químicos durante la síntesis de los nanomateriales, así como aspectos a ser considerados para su caracterización. En general esta asignatura se relacionará con todas aquellas que incluyan temas donde intervengan sistemas físicos que presentan interacción de energía con cambios físicos y/o químicos de la materia, promoviendo en el estudiante la capacidad de comprender los fenómenos asociados en la formación de los mismos.

Intención didáctica

Esta asignatura es particularmente importante en la formación del Ingeniero en Nanotecnología, ya que promueve el análisis, interpretación y cálculo de propiedades de la materia a través de la observación y medición de variables. Es necesario que el docente, como facilitador del aprendizaje, introduzca al estudiante en los principios de las propiedades termodinámicas de las sustancias, gráficas de equilibrio, propiedades

¹ Sistema de Asignación y Transferencia de Créditos Académicos

coligativas de las soluciones, equilibrio químico, culminando con los fenómenos de interfases.

La asignatura se desarrolla en cinco temas. En el primero el estudiante calcula y estima propiedades termodinámicas de sustancias puras a partir de ecuaciones empíricas.

En el segundo tema se analiza las propiedades de fases en sistemas de uno o más componentes. En éste el estudiante aprende a deducir ecuaciones diferenciales para el cálculo de propiedades termodinámicas y cambios termodinámicos en soluciones ideales y no-ideales. Asimismo, interpreta diagramas de fases de equilibrio físico de soluciones ideales, determinando la existencia de dos fases y la composición de las fases formadas utilizando métodos gráficos y analíticos. El estudiante verifica la espontaneidad de los procesos a través de la energía libre de Gibbs.

En el tercer tema se abordan las propiedades coligativas, donde el estudiante aplica los conceptos de las mismas en la solución de problemas prácticos. Correlaciona los efectos de la presencia de sustancias en los cambios de los puntos de ebullición, solidificación, presión osmótica, etc.

El cuarto tema inicia con los fundamentos del equilibrio químico. En éste, el estudiante predice el efecto de la temperatura, la presión y concentración sobre el equilibrio químico. Comprende el criterio de equilibrio en una reacción química. Deduce ecuaciones de constantes de equilibrio para diferentes sistemas químicos y estima grados de conversión a partir de dicha constante. Analiza el efecto de la temperatura, presión y concentración en diferentes reacciones químicas.

El quinto tema aborda los fenómenos de superficie, donde el estudiante comprende los factores determinantes de los mismos y cómo se modelan algunos sistemas reales. Comprende el fenómeno de la tensión superficial y el de adsorción. Compara los modelos de isotermas de adsorción para evaluar propiedades de diferentes sustancias, como porosidad, capacidad de saturación, etc.

El quinto tema es muy importante para el curso, al proveer al estudiante de los conocimientos fundamentales que le permitan comprender los fenómenos que tienen lugar durante muchos procesos relacionados con diferentes materiales. En tanto que las unidades dos y tres, contribuyen en la habilidad para establecer y aplicar expresiones matemáticas para la solución de problemas y estimaciones de propiedades de diferentes sistemas, tanto hipotéticos como reales.

Se sugieren actividades de aprendizaje que permitan un desarrollo más significativo de las competencias en el estudiante. Algunas tienen carácter de actividad extra clase. Se busca que la formalización del aprendizaje sea a través de la observación, la reflexión, solución de problemas, exposición de temas y su discusión.

Es muy importante que, durante el curso, el estudiante valore las actividades que realiza y comprenda que está adquiriendo las competencias necesarias para abordar otras

asignaturas relacionadas en el programa profesional, así mismo el estudiante deberá apreciar la importancia del conocimiento adquirido, los hábitos de estudio y de trabajo para que desarrolle competencias tales como la curiosidad, la puntualidad, el entusiasmo, el interés, la tenacidad, la flexibilidad y la autonomía.

Al final del curso, el docente pedirá al estudiante un proyecto en el cual se integren las competencias más relevantes a criterio del docente y de acuerdo con los contenidos de la asignatura y del objetivo general de la misma. Mediante este proyecto el estudiante constata las habilidades adquiridas durante el curso.

3. Participantes en el diseño y seguimiento curricular del programa

Lugar y fecha de elaboración o revisión	Participantes	Evento
Instituto Tecnológico de Ciudad Juárez del 27 al 29 de Abril de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Celaya, Saltillo, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua.	Reunión Nacional de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología e Ingeniería en Logística del SNEST.
Instituto Tecnológico de Puebla del 8 al 12 de Junio de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Celaya, Saltillo, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua.	Reunión de seguimiento de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de las carreras de Ing. en Nanotecnología, Gestión Empresarial, Logística, y asignaturas comunes del SNEST.
Instituto Tecnológico de Mazatlán del 23 al 27 de Noviembre de 2009.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Ciudad Juárez, Superior de Irapuato, San Luis Potosí, Chihuahua.	Reunión de seguimiento de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ing. en Nanotecnología, del SNEST.
Instituto Tecnológico de Villahermosa del 24 al 28 de Mayo de 2010.	Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Tijuana, Querétaro, Superior de Irapuato, Chihuahua, Saltillo.	Reunión de consolidación de diseño e innovación curricular para el desarrollo de competencias profesionales de la carrera de Ing. en Nanotecnología, del SNEST.

<p>Tecnológico Nacional de México, del 26 al 30 de agosto de 2013.</p>	<p>Representantes de los Institutos Tecnológicos de: Boca del Río y Mazatlán.</p>	<p>Reunión Nacional de Seguimiento Curricular de las carreras de Ingeniería en Nanotecnología, Ingeniería Petrolera, Ingeniería en Acuicultura, Ingeniería en Pesquerías, Ingeniería Naval y Gastronomía del SNIT.</p>
--	---	--

4. Competencia(s) a desarrollar

<p>Competencia(s) específica(s) de la asignatura</p>
<ul style="list-style-type: none"> • Deduce condiciones de equilibrio de fases y expresiones del equilibrio químico en diferentes sistemas para determinar las propiedades de los mismos. • Comprende los aspectos fundamentales de los fenómenos de superficie para identificar los diferentes fenómenos.

5. Competencias previas

<ul style="list-style-type: none"> • Analiza sistemas donde el único cambio es el de la energía interna y las transferencias de energías son mediante calor y trabajo. • Identifica los diferentes tipos de ED ordinarias de primer orden, para establecer soluciones generales, particulares y singulares. • Identifica el método de integración más adecuado para resolver una integral dada. • Interpreta las propiedades físicas y químicas de las sustancias con base en los conceptos fundamentales de la estructura de los átomos, iones y moléculas y la forma en que interactúan entre sí para generar sustancias nuevas. • Aplica los conceptos básicos del comportamiento de la materia al análisis y resolución de problemas prácticos reales. • Utilizar los conceptos básicos de la química y de las propiedades físicas y químicas de la materia para efectuar correctamente experimentos en el laboratorio.

6. Temario

<p>No.</p>	<p>Temas</p>	<p>Subtemas</p>
<p>1</p>	<p>Fundamentos y conceptos teóricos</p>	<p>1.1 Propiedades termodinámicas de los componentes puros (Relación fundamental de la Termodinámica, Relaciones Maxwell y de conveniencia, cálculo de propiedades en función de propiedades medibles). 1.2 Regla de las fases de Gibbs. (Diagramas de fase y ecuaciones de estado). 1.3 Propiedades termodinámicas en sistemas abiertos o cerrados de una fase, dos fases, en la zona de cambio de fase. 1.4 Evaluación de propiedades mediante</p>

		<p>correlaciones empíricas (ecuación de Clapeyron, Antoine, Wagner).</p> <p>1.5 Cambios de propiedad en la zona de cambio de fase. Ecuación de Clapeyron, Clausius-Clapeyron, ecuaciones empíricas para el cálculo del calor de cambio de fase.</p>
2	Propiedades de fases en sistemas de uno o más componentes	<p>2.1 Soluciones y tipos de soluciones</p> <p>2.2 Propiedades termodinámicas de soluciones</p> <p>2.3 Potencial químico</p> <p>2.4 Propiedades parciales molares</p> <p>2.5 Fugacidad y coeficientes de fugacidad de sustancias puras y soluciones</p> <p>2.6 Actividad y coeficiente de actividad</p> <p>2.7 Propiedades de exceso y relación de la actividad y del coeficiente de actividad con la energía Libre de Gibbs de exceso</p> <p>2.8 Evaluación de propiedades termodinámicas de soluciones mediante ecuaciones de estado</p> <p>2.9 Equilibrio Líquido – vapor. Ley de Raoult y Ley de Henry</p> <p>2.10 Equilibrio líquido – líquido (diagramas triangulares de Gibbs y rectangulares, Líneas de unión y curva de inmiscibilidad)</p> <p>2.11 Equilibrio Líquido-gas (Modelos ideales. Ley de Raoult. Ley de Henry)</p> <p>2.12 Equilibrio líquido-sólido (Gráficas de Equilibrio sólido-líquido, Diagramas de T-X)</p>
3	Propiedades coligativas	<p>3.1 Introducción</p> <p>3.2 Disminución de la presión de vapor del solvente</p> <p>3.3 Disminución del punto de congelación</p> <p>3.4 Aumento de la temperatura de ebullición de la solución</p> <p>3.5 Presión osmótica</p> <p>3.6 Aplicaciones a soluciones electrolíticas y no electrolíticas</p>
4	Equilibrio químico	<p>4.1 Ecuación de Lewis</p> <p>4.2 Determinación de la constante de equilibrio y del grado de conversión</p> <p>4.3 Ecuación de Vant Hoff</p> <p>4.4 Principio de LeChatelier</p> <p>4.5 La espontaneidad de las reacciones</p>

5	Fenómenos de superficie	5.1 Fenómenos en interfase 5.2 Condiciones en una sola fase (tensión superficial, energía superficial, entropía superficial) 5.3 Tensión interfacial (entropía, cohesión y adhesión) 5.4 Relación entre tensión superficial e interfacial (Tratamiento de Gibbs, Relación de Antonoff, métodos de medición) 5.5 Ángulo de contacto (líquido-sólido, métodos de medición) 5.6 Adsorción (fundamentos y tipos de interacción) 5.7 Isotermas de adsorción (Freundlich, Langmuir, ecuación BET) 5.8 Aplicaciones
---	-------------------------	---

7. Actividades de aprendizaje de los temas

1. Fundamentos y conceptos teóricos	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Calcula propiedades termodinámicas de sustancias puras a partir de ecuaciones empíricas para caracterizar el estado de un sistema. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Conocimientos generales básicos • Solución de problemas • Trabajo en equipo • Habilidades de investigación • Capacidad de aprender y actualizarse permanente 	<ul style="list-style-type: none"> • Elaborar esquemas donde relacione diferentes variables termodinámicas con los diagramas de fases. • Expresar las relaciones de Maxwell y aplicarlas para calcular cantidades termodinámicas como (dU, dH y dS). • Comprender el concepto de presión de vapor, su dependencia con la temperatura y métodos experimentales para determinarla. • Elaborar gráficas de datos experimentales de presión de vapor y de datos reportados en fuentes de información, comparar diferencias. • Resolver ejercicios de P, V y T usando ecuaciones de estado y correlaciones empíricas. • Definir el calor de cambio de fase y su determinación experimental. • Calcular grados de libertad en donde se realicen cambios de fase. • Utilizar las ecuaciones de: Clapeyron, Clausius-Clapeyron, Watson, Riedel, para calcular calores de vaporización.

2. Propiedades de fases en sistemas de uno o más componentes	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aplica ecuaciones diferenciales para el cálculo de propiedades termodinámicas y cambios termodinámicos en soluciones ideales y no-ideales. • Interpreta diagramas de fases del equilibrio físico de soluciones ideales, utilizando métodos gráficos y analíticos para determinar las fases formadas y su composición. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Conocimientos generales básicos • Solución de problemas • Trabajo en equipo • Habilidades de investigación • Capacidad de aprender y actualizarse permanente 	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir la diferencia entre soluciones, coloides y suspensiones, y mencionar ejemplos. • Aplicar expresiones para el cálculo de cambio de propiedades en soluciones. • Definir el potencial químico y las propiedades parciales molares y su importancia en las propiedades termodinámicas de las mezclas. • Buscar definiciones de fugacidad y coeficiente de fugacidad de sustancias puras y soluciones y exponerlos en clase. • Calcular el coeficiente de fugacidad para sustancias puras y soluciones mediante gráficos, a partir de datos experimentales y ecuaciones de estado. • Buscar definiciones de la actividad, el coeficiente de actividad y su relación con la energía libre de Gibbs de exceso. • Explicar el efecto de la composición en el coeficiente de actividad. • Consultar sobre el concepto de equilibrio físico o de fases en soluciones, (criterios de equilibrio, equilibrio líquido-vapor). • Emplear datos experimentales para graficar curvas de equilibrio. • Consultar sobre la ley de Raoult y la Ley de Henry, sus desviaciones y ejemplos para cada caso. • Exponer los conceptos de presión parcial, solubilidad de un gas, efecto de la solubilidad con la presión y la temperatura. • Resolver ejercicios de equilibrio de soluciones ideales binarias y multicomponentes. • Identificar puntos eutécticos, peritéticos, la composición y la temperatura en diagramas de sistemas binarios.

3. Propiedades coligativas	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Investiga los conceptos de las propiedades coligativas para la solución de problemas prácticos. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis Conocimientos generales básicos Conocimientos básicos de la carrera Solución de problemas Trabajo en equipo Habilidades de investigación Capacidad de aprender y actualizarse permanente 	<ul style="list-style-type: none"> Consultar sobre las propiedades coligativas y sus aplicaciones, y discutir en el grupo. Analizar el efecto de adicionar un soluto no volátil sobre: la presión de vapor, el punto de ebullición y de congelación de una solución. Calcular pesos moleculares de solutos de no electrólitos, a través de las propiedades coligativas. Explicar el efecto que tiene la adición de un soluto en la presión osmótica de un solvente puro. Consultar sobre propiedades coligativas de soluciones electrolíticas y no electrolíticas, y discutir en el grupo. Discutir el efecto en el equilibrio líquido-vapor (efecto de salting-in, efecto de salting-out) por la adición de sales en soluciones.
4. Equilibrio químico	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> Deduce el efecto de la temperatura, la presión y concentración sobre el equilibrio químico para determinar la condición de un sistema de reacción. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> Capacidad de análisis y síntesis Conocimientos generales básicos Solución de problemas Trabajo en equipo Habilidades de investigación Capacidad de aprender y actualizarse permanente 	<ul style="list-style-type: none"> Comprender el criterio de equilibrio en una reacción química. Deducir la ecuación de Lewis para definir la constante de equilibrio de una reacción química. Calcular la constante de equilibrio y el grado de conversión en una reacción química. Revisar relaciones empíricas sobre las variables que modifican el equilibrio químico, como el principio de Le Chatelier. Analizar el efecto de variables como temperatura, presión y concentración sobre reacciones químicas de relevancia industrial. Exponer el criterio de espontaneidad en reacciones químicas.

5. Fenómenos de superficie	
Competencias	Actividades de aprendizaje
<p>Específica(s):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Analiza los factores determinantes de los fenómenos de superficie para explicar el comportamiento de la tensión superficial y la adsorción. <p>Genéricas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de análisis y síntesis • Conocimientos generales básicos • Conocimientos básicos de la carrera • Solución de problemas • Trabajo en equipo • Capacidad de aplicar los conocimientos en la práctica • Habilidades de investigación • Capacidad de aprender y actualizarse permanente 	<ul style="list-style-type: none"> • Discutir el concepto de tensión superficial de manera grupal. • Comparar los términos de cohesión y adhesión basándose en el concepto de tensión de interfase. • Emplear el tratamiento de Gibbs o la relación de Antonoff para explicar la relación entre tensión superficial y tensión de interfase. • Comparar dos métodos de medición del ángulo de contacto. • Identificar los tipos de fuerzas que intervienen en la adsorción. • Consultar la ecuación de Henry y sus limitaciones. • Expresar las diferentes formas de isotermas de adsorción de vapores (Langmuir, BET, Freundlich). • Explicar la elevación capilar de un líquido. • Discutir sobre las sustancias tensoactivas y su relación con el concepto de adsorción. • Discutir la diferencia entre la adsorción en sólidos y la adsorción en soluciones.

8. Práctica(s)

<ul style="list-style-type: none"> • Determinación de la capacidad calorífica de un líquido y un sólido. • Elaboración de curvas de presión de vapor de líquidos puros. • Determinación de la presión de vapor en soluciones no ideales. Desviaciones de la ley de Raoult. Diagrama P-X. • Determinación del aumento del punto de ebullición en soluciones respecto a la concentración del soluto. • Determinación de la disminución de la presión de vapor en soluciones respecto a la concentración del soluto • Determinación de la Presión osmótica en soluciones salinas. • Determinación espectrofotométrica de la constante de equilibrio en un sistema de reacción en medio homogéneo. • Determinación de la tensión superficial de un sistema agua-jabón. • 9. Determinación del ángulo de contacto del agua sobre distintas superficies.

9. Proyecto de asignatura

El objetivo del proyecto que plantee el docente que imparta esta asignatura, es demostrar el desarrollo y alcance de la(s) competencia(s) de la asignatura, considerando las siguientes fases:

- **Fundamentación:** marco referencial (teórico, conceptual, contextual, legal) en el cual se fundamenta el proyecto de acuerdo con un diagnóstico realizado, mismo que permite a los estudiantes lograr la comprensión de la realidad o situación objeto de estudio para definir un proceso de intervención o hacer el diseño de un modelo.
- **Planeación:** con base en el diagnóstico en esta fase se realiza el diseño del proyecto por parte de los estudiantes con asesoría del docente; implica planificar un proceso: de intervención empresarial, social o comunitario, el diseño de un modelo, entre otros, según el tipo de proyecto, las actividades a realizar los recursos requeridos y el cronograma de trabajo.
- **Ejecución:** consiste en el desarrollo de la planeación del proyecto realizada por parte de los estudiantes con asesoría del docente, es decir en la intervención (social, empresarial), o construcción del modelo propuesto según el tipo de proyecto, es la fase de mayor duración que implica el desempeño de las competencias genéricas y específicas a desarrollar.
- **Evaluación:** es la fase final que aplica un juicio de valor en el contexto laboral-profesión, social e investigativo, ésta se debe realizar a través del reconocimiento de logros y aspectos a mejorar, se estará promoviendo el concepto de “evaluación para la mejora continua”, la metacognición, el desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo en los estudiantes.

Dada la naturaleza de la asignatura, se recomienda que el proyecto se oriente a cuestiones prácticas (ya sea de laboratorio o de industria) donde se solicite al estudiante el establecer la caracterización de un sistema termodinámico o proceso, mediante la especificación y determinación de las propiedades fisicoquímicas de dicho sistema o proceso.

10. Evaluación por competencias

Se recomienda que la evaluación de la asignatura se haga con base en el siguiente desempeño:

- Resolución de problemario.
- Reporte oral y/o escrito.
- Debate.
- Asistencia a pláticas y conferencias en las que participen profesionales.
- Portafolios de evidencias.
- Retroalimentación de información experimental obtenida en el laboratorio.
- Exposiciones.
- Resultados de exámenes de conocimientos al finalizar cada tema.

Se recomienda verificar el nivel de logro competencias del estudiante mediante:

- Rúbricas.
- Listas de Cotejo.
- Matriz de valoración.
- Actividades de coevaluación, heteroevaluación y autoevaluación.

11. Fuentes de información

1. Atkins, P. W. (1985). *Fisicoquímica*. México, Fondo Educativo Interamericano.
2. Castellan, G. W. (1986). *Fisicoquímica*. Bogotá, Fondo Educativo Interamericano.
3. Henley, E.J., Seader, J.D. (2000). *Operaciones de separación por etapas de equilibrio en ingeniería química*. México, Reverté Ediciones.
4. Huang, F., F. (2003). *Ingeniería Termodinámica. Fundamentos y Aplicaciones*. México, CECSA.
5. Levine, I. N. (2004). *Fisicoquímica*. E.U.A, Mc Graw-Hill, 5ta ed.
6. Moore W.J. (1978). *Química Física*. Bilbao, URMO.
7. Perry, R.H. and Green, D.W. (2007). *Perry's Chemical Engineers*. E.U.A., Mc Graw-Hill, 8va ed.
8. Poling, B.E., Prausnitz, J.M., O'Connell, J.P. (2001). *The Properties of Gases and Liquids*. E.U.A, Mc Graw-Hill, 5ta ed.
9. Smith J.M., Van Ness H.C. & Abbott M.M., (2007). *Introducción a la Termodinámica en Ingeniería Química*, Ney York, Mc Graw-Hill, 7ma ed.
10. Walas, S. E. (1985). *Phase Equilibria in Chemical Engineering*. Great Britain, Butterworth Heinemann.
11. Shaw D.J. (Reprinted 1992, 1993, 1994, 1996, 1997, 1998, 1999, 2000). *Introduction to Colloid and Surface Chemistry*. Great Britain, Butterworth Heinemann.
12. Adamson, A. W., Gast, A.P. (1997). *Physical Chemistry of Surfaces*. New York, John Wiley and Sons, Inc.
13. Ball, D. (2004). *Fisicoquímica*. México, International Thomson.
14. Laidler, K., J., Meiser, J. H. (1997). *Fisicoquímica*. México, CECSA.
15. Chang, R. (2008). *Fisicoquímica*. México: McGraw-Hill Interamericana.
16. Levine, I. (2013). *Introducción a la Fisicoquímica*. México: McGraw-Hill Interamericana.
17. Pashley, R.M., Karaman, M. E. (2004). *Applied Colloid and Surface Chemistry*. New York, John Wiley and Sons, Ltd.
18. Atkins, P., De Paula, J. (2006, 2011). *Physical Chemistry for the Life Sciences*. Italy, L.E.G.O.S.p.A.