



## Teaching Guide

| Teaching Guide      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |                      |           |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|----------------------|-----------|
| Identifying Data    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |                      | 2021/22   |
| Subject (*)         | Thermodynamics: Equilibrium and Phases                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |        | Code                 | 610G04018 |
| Study programme     | Grao en Nanociencia e Nanotecnoloxía                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |        |                      |           |
| Descriptors         |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |                      |           |
| Cycle               | Period                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Year   | Type                 | Credits   |
| Graduate            | 2nd four-month period                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Second | Obligatory           | 6         |
| Language            | Spanish                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |                      |           |
| Teaching method     | Face-to-face                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |        |                      |           |
| Prerequisites       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |                      |           |
| Department          | Química                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |        |                      |           |
| Coordinador         | Sastre De Vicente, Manuel Esteban                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | E-mail | manuel.sastre@udc.es |           |
| Lecturers           | Sastre De Vicente, Manuel Esteban                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | E-mail | manuel.sastre@udc.es |           |
| Web                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |        |                      |           |
| General description | Descríbense os principios e aplicacións fisicoquímicas básicas propias da formulación termodinámica clásica necesarios para abordar o estudo e comprensión do efecto do tamaño do sistema termodinámico sobre as súas propiedades. Asemade, preténdese encadrar conceptualmente o estudo da Nanotermodinámica e os sistemas nanoscópicos.                |        |                      |           |
| Contingency plan    | 1. Modifications to the contents<br><br>2. Methodologies<br>*Teaching methodologies that are maintained<br><br>*Teaching methodologies that are modified<br><br>3. Mechanisms for personalized attention to students<br><br>4. Modifications in the evaluation<br><br>*Evaluation observations:<br><br>5. Modifications to the bibliography or webgraphy |        |                      |           |

## Study programme competences

| Code | Study programme competences                                                                                                                                                                                                                                               |
|------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| A1   | CE1 - Comprender los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología.                                                                                                                                              |
| A2   | CE2 - Aplicar los conceptos, principios, teorías y hechos fundamentales relacionados con la Nanociencia y Nanotecnología a la resolución de problemas de naturaleza cuantitativa o cualitativa.                                                                           |
| A3   | CE3 - Reconocer y analizar problemas físicos, químicos, matemáticos, biológicos en el ámbito de la Nanociencia y Nanotecnología, así como plantear respuestas o trabajos adecuados para su resolución, incluyendo el uso de fuentes bibliográficas.                       |
| A7   | CE7 - Interpretar los datos obtenidos mediante medidas experimentales y simulaciones, incluyendo el uso de herramientas informáticas, identificar su significado y relacionarlos con las teorías químicas, físicas o biológicas apropiadas.                               |
| B2   | CB2 - Que los estudiantes sepan aplicar sus conocimientos a su trabajo o vocación de una forma profesional y posean las competencias que suelen demostrarse por medio de la elaboración y defensa de argumentos y la resolución de problemas dentro de su área de estudio |
| B3   | CB3 - Que los estudiantes tengan la capacidad de reunir e interpretar datos relevantes (normalmente dentro de su área de estudio) para emitir juicios que incluyan una reflexión sobre temas relevantes de índole social, científica o ética                              |
| B6   | CG1 - Aprender a aprender                                                                                                                                                                                                                                                 |
| B7   | CG2 - Resolver problemas de forma efectiva.                                                                                                                                                                                                                               |
| B8   | CG3 - Aplicar un pensamiento crítico, lógico y creativo.                                                                                                                                                                                                                  |



|    |                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| C1 | CT1 - Expresarse correctamente, tanto de forma oral como escrita, en las lenguas oficiales de la comunidad autónoma                            |
| C4 | CT4 - Desarrollarse para el ejercicio de una ciudadanía respetuosa con la cultura democrática, los derechos humanos y la perspectiva de género |

| Learning outcomes                                                                           |    |                             |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------|----|-----------------------------|----|
| Learning outcomes                                                                           |    | Study programme competences |    |
| Comprender os principios da Termodinámica e ser capaz de aplicalos.                         | A1 | B2                          | C1 |
|                                                                                             | A2 | B3                          | C4 |
|                                                                                             | A3 | B6                          |    |
|                                                                                             | A7 | B7                          |    |
|                                                                                             |    | B8                          |    |
| Comprender a condición de equilibrio e ser capaz de aplicala                                | A1 | B2                          | C1 |
|                                                                                             | A2 | B6                          | C4 |
|                                                                                             | A3 | B7                          |    |
|                                                                                             |    | B8                          |    |
| Ser capaz de realizar cálculos termodinámicos básicos.                                      | A1 | B2                          | C1 |
|                                                                                             | A2 | B3                          | C4 |
|                                                                                             | A3 | B6                          |    |
|                                                                                             |    | B7                          |    |
| Entender os equilibrios de fase e ser capaz de empregalos para resolver problemas sinxelos. |    | B8                          |    |
|                                                                                             | A1 | B2                          | C1 |
|                                                                                             | A2 | B3                          | C4 |
|                                                                                             | A3 | B6                          |    |
|                                                                                             | A7 | B7                          |    |
| Comprender os fundamentos da Termodinámica de superficies.                                  |    | B8                          |    |
|                                                                                             | A1 | B2                          | C1 |
|                                                                                             | A2 | B3                          | C4 |
|                                                                                             | A3 | B6                          |    |
|                                                                                             | A7 | B7                          |    |
|                                                                                             |    | B8                          |    |

| Contents                   |                                                                                                                                                                                                   |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Topic                      | Sub-topic                                                                                                                                                                                         |
| Tema 1.- Conceptos básicos | 1.1.- Obxeto e limitacións da Termodinámica.<br>1.2.-Sistemas e estados termodinámicos.<br>1.3.-Variables termodinámicas.<br>1.4.-Procesos reversibles e irreversibles.<br>1.5.-Nanotermodinámica |



|                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tema 2.-Principios da Termodinámica.                                                   | <p>2.1.-Principio da conservación da enerxía. Primeiro principio da termodinámica. Enerxía interna e entalpía.</p> <p>2.2.-Propiedades enerxéticas dun sistema termodinámico. Coeficientes calorimétricos e capacidades caloríficas.</p> <p>2.3.-Limitacións do Primeiro principio.</p> <p>2.4.-Formulación do Segundo principio. A función do estado entropía. Desigualdade de Clausius. Cambios de entropía en sistemas pechados e illados. Produción de entropía.</p> <p>2.5.-Ecuacións Tds.</p> <p>2.6.-Terceiro principio da Termodinámica. Postulado de Nernst. Entropías absolutas</p>   |
| Tema 3. Potenciais termodinámicos e evolución evolución de sistemas termodinámicos.    | <p>3.1.-Principios de máximo e mínimo na natureza.</p> <p>3.2.-Enerxía de Hemholtz e traballo máximo.</p> <p>3.3.-Enerxía de Gibbs e traballo útil.</p> <p>3.4.-Relacións termodinámicas xerais: Ecuación de Gibbs-Duhem. Ecuación de Hemholtz. Ecuación de Gibbs-Hemholtz.</p> <p>3.5.-Termodinámica de sistemas de composición variable. Concepto de potencial químico.</p> <p>3.6.- Potencial químico de gases ideais e reais. Concepto de fugacidade.</p> <p>3.7.-Magnitudes molares parciais.</p> <p>3.8.-Condicións de equilibrio material. Equilibrio de fases e equilibrio químico.</p> |
| Tema 4. Equilibrio de fase.                                                            | <p>4.1.-Equilibrios de fase en sistemas dun compoñente. Regra das fases. Ecuación de Clapeyron e Clausius-Clapeyron. Diagramas de fase.</p> <p>4.2.-Equilibrios de fase en sistemas de dous componentes. Disolucións ideais e reais. Concepto de actividade. Solubilidade e outras propiedades.</p> <p>4.3.- Outros equilibrios de fase</p>                                                                                                                                                                                                                                                     |
| Tema 5. Termodinámica e tamaño do sistema: superficies e sistemas de ?pequeño tamaño?. | <p>5.1.-Tensión superficial. Ecuación de Laplace. Ascenso capilar. Ángulo de contacto.</p> <p>5.2.-Propiedades termodinámicas e tamaño. Solubilidade, Temperatura de fusión, Nucleación?</p> <p>5.3.-Nanotermodinámica. Formulación de Hill da ecuación xeral da Termodinámica (ecuación de Gibbs).</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| Tema 6. Introducción á Termodinámica de procesos irreversibles.                        | <p>6.1.-Produción de entropía.</p> <p>6.2.-Forzas e fluxos xeralizados. Termodinámica lineal e non lineal.</p> <p>6.3.-Procesos de transmisión de calor: conduction, convection e radiation.</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

| Planning                                                                                                                        |                                     |                      |                               |             |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|----------------------|-------------------------------|-------------|
| Methodologies / tests                                                                                                           | Competencies                        | Ordinary class hours | Student?s personal work hours | Total hours |
| Problem solving                                                                                                                 | A1 A2 A3 A7 B2 B3<br>B6 B7 B8 C4 C1 | 16                   | 30.4                          | 46.4        |
| Mixed objective/subjective test                                                                                                 | A1 A2 A3 A7 B2 B3<br>B6 B7 B8 C4 C1 | 3                    | 0                             | 3           |
| Document analysis                                                                                                               | A1 A2 A3 A7 B2 B3<br>B6 B7 B8 C4 C1 | 0.6                  | 1                             | 1.6         |
| Guest lecture / keynote speech                                                                                                  | A1 A2 A3 A7 B2 B3<br>B6 B8 C4 C1    | 32                   | 64                            | 96          |
| Personalized attention                                                                                                          |                                     | 3                    | 0                             | 3           |
| (*)The information in the planning table is for guidance only and does not take into account the heterogeneity of the students. |                                     |                      |                               |             |

| Methodologies |
|---------------|
|---------------|



| Methodologies                   | Description                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Problem solving                 | Os seminarios de problemas adicaranse a reforzar a comprensión dos contidos impartidos nas sesións maxistras mediante a resolución de cuestións e problemas numéricos. Parte das cuestións/problemas resolto poderán versar sobre artigos de investigación/divulgación directamente relacionados cos contidos da materia.<br>Ditos artigos daránselles para a súa lectura a todos os estudantes do curso a través de Moodle, correo electrónico.                            |
| Mixed objective/subjective test | Pode integrar distintos tipos de cuestión e/ou problemas: test, opción múltiple, ordenación, resposta breve, de discriminación, de completar ou de asociar.<br>Realizaranse dúas probas durante o curso, as cales virán sinaladas no calendario.<br>Nas dúas primeiras probas, unha das preguntas/cuestión poderán tratar a temática analizada nalgún dos artigos de divulgación/investigación que se entregara ao alumnado nos seminarios de problemas como fonte document |
| Document analysis               | Darase aos alumnos/as as claves necesarias para a búsqueda, lectura e interpretación axeitada de distintos artigos de investigación/divulgación no ámbito da Termodinámica.                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Guest lecture / keynote speech  | Descríbense os alicerces e contidos fundamentais da asignatura.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

| Personalized attention               |                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|--------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Methodologies                        | Description                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Problem solving<br>Document analysis | Recoméndase ao alumnado que resolva todas as súas dúbidas contactando co profesor/a a través de tutoría, correo electrónico. Os alumnos/as a tempo parcial ou con dispensa académica dispoñerán de tutorías presenciais ou por correo electrónico sempre que o necesiten |

| Assessment                      |                                     |                                                                                                                                                                                                                               |               |
|---------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| Methodologies                   | Competencies                        | Description                                                                                                                                                                                                                   | Qualification |
| Mixed objective/subjective test | A1 A2 A3 A7 B2 B3<br>B6 B7 B8 C4 C1 | Realizaranse dúas probas:<br>A primeira delas será parcial con valor dun 30% da nota final.<br>A segunda será o exame final sobre toda a materia, haberá de obterse unha puntuación superior a 4 sobre 10 e ponderará un 70%. | 90            |
| Document analysis               | A1 A2 A3 A7 B2 B3<br>B6 B7 B8 C4 C1 | O alumno/a entregará, ao longo do curso, un resume que sintetice os aspectos máis relevantes do artigo/s lido/s que previamente terán sido entregados con tempo suficiente e indicacións precisas para a súa lectura.         | 10            |

| Assessment comments                                                                                                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <p>O alumnado a tempo parcial ou con dispensa académica dispoñerán de tutorías presenciais ou por correo electrónico sempre que o necesiten.</p> |

| Sources of information |                                                                                                                                         |
|------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Basic                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- LEVINE, I. N. (). Físicoquímica (distintas edicións). Mc Graw Hill</li> <li>- (). .</li> </ul> |



|               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Complementary | <ul style="list-style-type: none"><li>- (). .</li><li>- KONDEPUDI DILIP (2008-2014). INTRODUCTION TO MODERN THERMODYNAMICS. WILEY</li><li>- AGUILAR PERIS (1981). CURSO DE TERMODINÁMICA. ALHAMBRA</li><li>- ATKINS P.W (). QUÍMICA-FÍSICA (distintas ediciones).</li><li>- CALLEN H.B (1981). TERMODINÁMICA. AC</li><li>- DENBIGH K (1985). EQUILIBRIO QUÍMICO. AC</li><li>- TERRELL L.HILL (2001). Perspective:Nanothermodynamics. Nano Lett , 1:111-112</li><li>- TERRELL L.HILL (2001). A different Approach to Nanothermodynamics. Nano Lett , 1:273-275</li><li>- TERRELL L.HILL (1994). THERMODYNAMICS OF SMALL SYSTEMS. DOVER</li></ul> |
|---------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

## Recommendations

### Subjects that it is recommended to have taken before

Chemistry: Equilibrium and Change/610G04008

Fundamentals of Mathematics/610G04001

Physics: Mechanics and Waves/610G04002

### Subjects that are recommended to be taken simultaneously

### Subjects that continue the syllabus

Surface Science/610G04021

### Other comments

(\*)The teaching guide is the document in which the URV publishes the information about all its courses. It is a public document and cannot be modified. Only in exceptional cases can it be revised by the competent agent or duly revised so that it is in line with current legislation.