

Plan 298 Ing. Químico

Asignatura 44303 INTRODUCCION A LA TERMODINAMICA

Grupo 1

Presentación

Programa Básico

Desarrollo de la estructura formal y de la metodología de la Termodinámica.

Objetivos

Este apartado tiene por objeto establecer cuál es el objeto de la Termodinámica (¿qué estudia?, ¿cómo lo estudia? Y ¿para qué lo estudia?) y adquirir los conceptos y el léxico iniciales propios de esta materia, necesarios para seguir, comprender y facilitar la participación en el desarrollo del programa. En este primer apartado serán enunciados los interrogantes que es necesario contestar para describir formalmente un proceso cualquiera: ¿en qué sentido tiene lugar el transporte de materia y/o energía? o ¿en qué sentido evoluciona el sistema?, ¿cuándo finaliza el transporte? o ¿cuándo finaliza la evolución? y ¿cómo se caracteriza el estado de equilibrio? El formalismo termodinámico que sea elaborado al desarrollar el programa debe proporcionar contestación a estos interrogantes.

1.- Etapas para desarrollar una ciencia.- Objeto de la Termodinámica.- Sistema termodinámico. Volumen de control.- Paredes y ligaduras termodinámicas.- Descripciones macroscópica y microscópica.

Programa de Teoría

El desarrollo de este estadio, el más importante y extenso del programa, tiene por objeto introducir la estructura formal de la Termodinámica, integrada por dos postulados y tres principios, como generalización de los hechos experimentales. Se introducirá una formulación generalizada, en función de fuerzas y desplazamientos generalizados. Con el fin de propiciar su asimilación desde los puntos de vista doctrinal, formal e instrumental se considera su proyección a diferentes procesos y sistemas termodinámicos de interés para el Ingeniero Químico y, de este modo, familiarizarse con la realización de balances de energía, de entropía y de exergía.

1.- Primer postulado: estado de equilibrio termodinámico.- Variables termodinámicas.- Variables y funciones de estado.- Funciones homogéneas. Teorema de Euler.- Espacio termodinámico.- Procesos termodinámicos.

2.- Segundo postulado: parametrización del estado de equilibrio. Temperatura.- Justificación matemática de la existencia de la temperatura. Escalas termométricas.- Escala Internacional de temperatura.

3.- Formulación matemática del segundo postulado: ecuaciones de estado energética y térmica.- Información dispensada por la ecuación térmica: coeficientes térmicos.

4.- Primer principio (ley de conservación de la energía).- Energía interna, calor y trabajo. Trabajo de configuración y trabajo disipativo.- Formulación matemática del primer principio. Aplicación a sistemas que experimentan los procesos siguientes: adiabáticos, cíclicos y de trabajo total nulo.

5.- Evaluación de la energía puesta en juego en forma de trabajo de configuración para diferentes sistemas termodinámicos.- Expresión generalizada para el trabajo de configuración.

6.- Información dispensada por la ecuación energética de estado: propiedades energéticas de un sistema.- Ecuación energética del gas ideal. Proceso de expansión libre. Ley de Joule.- Evaluación de la energía puesta en juego en forma de calor.

7.- Procesos termodinámicos fundamentales.- Ecuación funcional de un proceso.- Procesos politrópicos. Índice de politropía.- Procesos isotermos, isóbaros, isócoros y adiabáticos.

8.- Segundo principio (ley de transformación de la energía).-Necesidad del segundo principio.- Formulaciones tradicionales.- Unicidad de las adiabáticas.- Procesos reversibles e irreversibles.- Limitaciones del segundo principio sobre los ciclos de potencia. Corolarios de Carnot.-Escala absoluta de temperaturas. Rendimiento de las máquinas térmicas (motores, frigoríficos y termobombas) en función de la temperatura absoluta.

9.- Nuevo corolario del segundo principio: desigualdad de Clausius.- Carácter holonómico de la diferencial del calor. Función entropía. Formulación del segundo principio para procesos reversibles. Relación entre las ecuaciones energéticas y térmicas de estado. Consecuencias. Ecuaciones TdS.- Evaluación de variaciones de entropía.

10.- Formulación del segundo principio para procesos irreversibles.- Aplicación del segundo principio al conjunto de sistema más entorno. Principio de incremento de entropía.

11.- Otras facetas de la entropía: entropía y energía; entropía y desorden. Balance de entropía en sistemas cerrados.- Balance de entropía en volúmenes de control.- Energía utilizable: conceptos de estado muerto y de exergía. Balance de la exergía en un sistema cerrado.

12.- El problema del consumo de energía en el mundo.- El dilema desarrollo viable.- Desarrollo sostenido.- Ahorro energético.- Energías alternativas y nuevos combustibles.

13.- Tercer principio (*).- Limitaciones del formalismo elaborado hasta ahora.- Necesidad de un nuevo principio.- Teorema de Nernst. Diversos enunciados.- Consecuencias.- Cálculo de entropías absolutas. Constante química.- Elaboración de tablas termodinámicas

(*) Con el fin de ofrecer la perspectiva más amplia posible y el desarrollo completo del tercer principio, teniendo en cuenta, además, la cronología de la aparición de las cuestiones que debe resolver, este tema será desarrollado al final del apartado III del programa.

III.- Metodología

La Metodología tiene por finalidad establecer el modo de operar para alcanzar los objetivos de la Termodinámica. Para ello es necesario extraer la información contenida en la estructura formal elaborada, plasmarla en ecuaciones de fácil aplicación y definir pautas de procedimiento para así establecer una sistemática sencilla, ágil y eficaz para realizar el análisis termodinámico de un sistema; este análisis podrá ser realizado siguiendo diferentes caminos, denominados representaciones termodinámicas, cada uno de ellos caracterizado por las variables independientes utilizadas y por la función termodinámica utilizada como fuente de información para el estudio del sistema. Finalmente, para vertebrar las relaciones entre las representaciones termodinámicas, son introducidas y estudiadas las ecuaciones de Gibbs – Helmholtz, que permiten pasar de una representación a otra.

1.- Análisis termodinámico de un sistema.- Representaciones energética y entrópica de la Termodinámica.- Ecuación fundamental de una representación termodinámica.- Ecuaciones de Gibbs, de Euler y de Gibbs-Duhem.

2.- Condiciones de equilibrio de un sistema termodinámico.- Estudio particular de un sistema aislado y de un sistema que evoluciona a $S = \text{cte}$ y $a = \text{cte}$.- Condiciones de equilibrio térmico y mecánico.

3.- Sistemas termodinámicos con número variables de partículas.- Potencial químico. Concepto de propiedad molar parcial.- Condición de equilibrio material.

4.- Representaciones termodinámicas (o potenciales) de Helmholtz y de Gibbs.- Información que pueden dispensar y significado físico. Representación entálpica (potencial entalpía). Procesos de estrangulación. Relaciones entre potenciales termodinámicos. Ecuaciones de Gibbs-Helmholtz.

5.- Tercer principio. Limitaciones del formalismo elaborado hasta ahora. Necesidad de un nuevo principio. Teorema de Nernst. Diversos enunciados.- consecuencias.- Cálculos de entropías absolutas.- Constante Química.- Elaboración de tablas termodinámicas.

IV.- Termodinámica de Procesos Irreversibles

1.- Termodinámica lineal de los procesos irreversibles.- Creación de entropía en sistemas discontinuos.- Ecuaciones constitutivas o fenomenológicas.- Limitaciones del segundo principio sobre los coeficientes fenomenológicos.- Relación de simetría de Onsager.

2.- Creación de entropía en sistemas continuos.- Hipótesis del equilibrio local.- Formulación de un balance para magnitudes conservativas y no conservativas.- Ecuación de Gibbs en función de magnitudes locales.- Creación local de entropía.- Principio de mínima producción de entropía.

3.- Termodinámica no lineal de los procesos irreversibles.- Interés del estudio de la estabilidad de los estados

termodinámicos.- Teoría clásica de Gibbs de la estabilidad.- Bifurcaciones y cambios de fase.- Estabilidad de los estados estacionarios lejos del equilibrio.- Estructuras disipativas y estructuras conservativas.

4.- Ordenación temporal.- El modelo de Lotka-Volterra.- Reacciones químicas oscilantes.- Reacción de Belusov-Zavotinsky.- Ordenación espacial. La experiencia de Benard.- Ordenación espacial en reacciones químicas.

DOCUMENTACIÓN QUE RECIBE EL ALUMNO: Cada alumno recibe, el primer día de curso, una copia del programa detallado de la asignatura y de todo el material didáctico que será utilizado en su desarrollo.

Programa Práctico

Evaluación

La evaluación será mixta: continua y examen.

Bibliografía

Aguilar, J.; Termodinámica
Çengel, Y. Y Boles, M.; Termodinámica
Feit, M.; Thermodynamique et Optimisation Energetique
Kondepudi, D. y Prigogine, I.; Modern Thermodynamics
Morán, M.J.; Termodinámica Técnica
Prigogine, I.; Introducción a la Termodinámica de los Procesos Irreversibles
Tejerina, F.; Termodinámica
Zemansky, M. y Pittman, R.; Calor y Termodinámica

PROBLEMAS

Aguilar, J. y otros ;Termodinámica: problemas y ejercicios
Gandía, V.; Problemas de Termodinámica
Pellicer, J.; 100 problemas de Termodinámica
Sala Lizarraga, J.M.; Problemas de Termodinámica
Pellicer, J. y Tejerina, F.; Problemas de Termodinámica
Vázquez Vázquez, M.; Problemas resueltos de Termodinámica Técnica
Zamora Carranza, M.; Ejercicios y problemas de Termodinámica
