



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA
GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

Transferencia de Energía

(clave 1547)

Noviembre / 2024

Estimado alumno / Estimada alumna,

Esta guía se te proporciona como una herramienta para estudiar para el extraordinario de la asignatura Transferencia de Energía. En esta guía encuentras las secciones importantes del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot y del libro Welty Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, quinta edición de James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory L. Rorrer. Estos libros se encuentran en las bibliotecas de la Facultad de Química de la UNAM.

Los ejercicios y problemas en los exámenes pueden presentar variaciones de los que se proponen en esta guía. Los ejercicios y problemas propuestos brindan una excelente preparación para el examen extraordinario que se elabora de manera colegiada por los profesores que imparten la asignatura.

Guía de Estudio para Exámenes Extraordinarios realizada por miembros del claustro que imparten la asignatura

Unidad uno: Introducción

El alumnado debe tener sólidos conocimientos en álgebra, cálculo diferencial e integral y ecuaciones diferenciales.

La transferencia de momentum es un concepto fundamental en la mecánica y la dinámica de fluidos, así como en diversas aplicaciones en ingeniería y física. Aquí hay algunos conceptos básicos:

1. Momentum: El momentum (o cantidad de movimiento) de un objeto es el producto de su masa y su velocidad. Se expresa como ($p = mv$), donde (p) es el momentum, (m) es la masa y (v) es la velocidad. El momentum es una magnitud vectorial, lo que significa que tiene dirección y magnitud.
2. Principio de conservación del momentum: Este principio establece que en un sistema cerrado (sin fuerzas externas), el momentum total del sistema se conserva. Esto significa que la cantidad total de momentum antes de un evento (como una colisión) es igual a la cantidad total de momentum después del evento.
3. Fuerzas y transferencia de momentum: Cuando una fuerza actúa sobre un objeto, provoca un cambio en su momentum. La relación se expresa a través de la segunda ley de Newton ($F = ma$). F es la fuerza, m la masa del objeto y a la aceleración.
4. Transferencia de momentum en fluidos: En la dinámica de fluidos, la transferencia de momentum se refiere al movimiento del momentum a través de un fluido, ya sea debido al movimiento del fluido mismo o a la interacción entre el fluido y una superficie. Esto se estudia a través de la ecuación de Navier-Stokes, que describe cómo se comportan los fluidos en movimiento.
5. Cinemática de colisiones: En situaciones donde se interactúan dos cuerpos, como en colisiones, la transferencia de momentum se puede analizar para determinar cómo se distribuye el momentum entre los cuerpos involucrados. Existen colisiones elásticas e inelásticas, dependiendo de si se conserva la energía cinética además del momentum.
6. Viscosidad y resistencia del fluido: La viscosidad es una medida de la resistencia que presenta un fluido al flujo. En situaciones donde un objeto se mueve a través de un fluido, la transferencia de momentum entre el objeto y el fluido tiene en cuenta la

viscosidad del fluido y afecta la velocidad de desplazamiento del objeto. Fluidos newtonianos y no newtonianos

7. Ecuaciones de conservación: En el análisis de problemas relacionados con la transferencia de momentum, se emplean generalmente ecuaciones de conservación, como la ecuación de continuidad, y las ecuaciones de Navier-Stokes para el flujo de fluidos. Flujo laminar y turbulento. Números adimensionales.

Estos conceptos son fundamentales para entender cómo se transfiere y conserva el momentum en diferentes sistemas y situaciones físicas. Para resolver las ecuaciones de cambio se requiere aplicar las condiciones de frontera (o de borde).

Para obtener una buena introducción de los diferentes mecanismos refiere a BLS 2ª ed. Caps. 1 a 8 del libro "Transport Phenomena" segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot.

Mecanismos de transferencia de calor. Difusión o conducción, convección libre y forzada y radiación. Distinguir entre los mecanismos preponderantes.

Propiedades de transporte. Estimación de propiedades térmicas.

Unidad dos: Ecuaciones de Conservación

La Termodinámica Irreversible Lineal (TIL) es un marco teórico que se utiliza para describir los procesos termodinámicos en sistemas fuera del equilibrio, donde las relaciones de estado y las fuerzas impulsoras no son infinitesimales y las interacciones son no lineales. A continuación, se presentan algunos de los conceptos básicos de la TIL:

1. Estado de equilibrio y fuera de equilibrio

- Equilibrio termodinámico: Un sistema se encuentra en equilibrio cuando sus propiedades macroscópicas no cambian con el tiempo y están uniformemente distribuidas.
- Fuera de equilibrio: Se refiere a un estado en el que el sistema presenta gradientes (temperatura, presión, concentración) y no alcanza un balance, lo que genera flujos de energía y materia.

2. Flujos y fuerzas

- Flujos: Se refieren a la cantidad de energía o materia que atraviesa una unidad de área por unidad de tiempo. Ejemplos incluyen flujo de calor, flujo de masa, etc.
- Fuerzas: Son los gradientes que inducen estos flujos. Esto puede incluir gradientes de temperatura, gradientes de concentración, etc.

3. Relaciones lineales

- En TIL, se postula que existe una relación lineal entre los flujos y las fuerzas que los generan.
- 4. Principio de máxima irreversibilidad
- Este principio establece que los procesos naturales tienden a proceder en una dirección que maximiza la irreversibilidad. Esto significa que, dado un sistema fuera de equilibrio, evolucionará hacia un estado de menor energía libre, y por lo tanto, hacia un estado de mayor entropía.

5. Entropía

- La entropía es una medida del desorden o la dispersión de la energía en un sistema. En TIL, la producción de entropía es un indicador de irreversibilidad. Los procesos irreversibles siempre producen entropía adicional, y la entropía total de un sistema aislado no puede disminuir.

6. Ecuaciones de constitución

- Las ecuaciones que describen el comportamiento de los flujos en función de las fuerzas se conocen como ecuaciones de constitución. Estas son cruciales para entender cómo un sistema reacciona a las perturbaciones externas.

7. Aplicaciones de la TIL

- La TIL se aplica en diversas áreas, incluidas la ingeniería química, la biología, la economía y la física, para modelar fenómenos como la difusión, la conducción de calor, el flujo de fluidos, y más.

La Termodinámica Irreversible Lineal proporciona un marco fundamental para comprender y analizar sistemas fuera de equilibrio. A través de la combinación de flujos y fuerzas y mediante relaciones lineales, permite predecir cómo responden los sistemas a perturbaciones, lo que es esencial en varias aplicaciones prácticas y teóricas en ciencia e ingeniería

Los campos termodinámicos son descripciones de los estados termodinámicos de un sistema en función de sus variables macroscópicas, que incluyen propiedades como la temperatura, la presión, el volumen, la energía interna y la entropía. Estos campos permiten caracterizar cómo un sistema responde a cambios en sus condiciones externas e internas.

Principales Campos Termodinámicos

1. Temperatura (T): Mide el grado de agitación de las partículas en un sistema. Es una variable fundamental en la termodinámica y se relaciona con la energía cinética promedio de las partículas.
2. Presión (P): Es la fuerza ejercida por la unidad de área. En un gas, se relaciona con la colisión de moléculas contra las paredes del recipiente.
3. Volumen (V): Se refiere al espacio que ocupa un sistema. Es una variable fundamental en las ecuaciones de estado.
4. Energía Interna (U): Es la suma de todas las energías microscópicas del sistema, incluyendo la energía cinética y potencial de las partículas.
5. Entropía (S): Es una medida del desorden o aleatoriedad de un sistema. Se relaciona con la dirección de los procesos espontáneos y la irreversibilidad.
6. Número de partículas (N): Infiere en las propiedades macroscópicas del sistema.

Hipótesis del Equilibrio Local

La hipótesis del equilibrio local es un principio fundamental en la termodinámica que establece que, en un sistema alejado del equilibrio, se pueden definir campos termodinámicos (como temperatura, presión, etc.) en puntos locales, siempre que consideremos escalas de longitud suficientemente pequeñas. Esta hipótesis permite describir sistemas no homogéneos o sistemas que son diferentes de sus propiedades macroscópicas.

Los principales puntos sobre la hipótesis del equilibrio local son:

1. Definición local de propiedades: En una región muy pequeña de un sistema, se pueden considerar las propiedades termodinámicas como constantes y uniformes.
2. Pequeños gradientes: La hipótesis es válida siempre que los gradientes de las propiedades (como temperatura o presión) sean pequeños. Esto significa que los cambios en estas propiedades son lentos en comparación con el tiempo característico de los procesos del sistema.
3. Interpolación de propiedades: Las propiedades macroscópicas del sistema pueden ser deducidas a partir de las propiedades locales, mediante promedios o integrales sobre las diferentes regiones del sistema.
4. Aplicaciones en fenómenos irreversibles: La hipótesis permite modelar y entender procesos irreversibles y sistemas fuera del equilibrio, facilitando el estudio de la dinámica de sistemas complejos, flujos de calor, transporte de materia y reacciones químicas.

En conclusión, la combinación de campos termodinámicos y la hipótesis del equilibrio local son herramientas fundamentales en el estudio de la termodinámica y la teoría del transporte, permitiendo abordar sistemas complejos y fenómenos no equilibrados de una manera analítica y comprensible.

La Primera Ley de la Termodinámica, también conocida como el principio de conservación de la energía, establece que la energía no se crea ni se destruye, solo se transforma de una forma a otra. En términos más formales, esta ley se puede expresar mediante la ecuación:

$$\Delta U = Q - W$$

Donde:

- ΔU es el cambio en la energía interna del sistema.
- Q es el calor añadido al sistema.

- (W) es el trabajo realizado por el sistema sobre su entorno.

Esta ley implica que el incremento de energía interna de un sistema es igual al calor que recibe menos el trabajo realizado por el sistema. Es fundamental para entender los procesos energéticos en sistemas físicos, químicos e incluso biológicos.

Además, la Primera Ley de la Termodinámica tiene implicaciones en una amplia gama de aplicaciones, desde motores térmicos y refrigeración hasta procesos biológicos y cambios de fase en la materia

La Ley de Fourier es una de las leyes fundamentales de la transferencia de calor, que describe cómo el calor se transfiere a través de un material debido a una diferencia de temperatura. Esta ley establece que el flujo de calor (q) a través de un material es proporcional a la diferencia de temperatura (ΔT) y al área (A) a través de la cual este calor está fluyendo, e inversamente proporcional a la distancia (d) a través de la cual ocurre la transferencia. Se puede expresar matemáticamente como:

$$[q = -k A \Delta T/d]$$

donde:

- (q) es el flujo de calor (en watts, W),
- (k) es la conductividad térmica del material (en W/m·K),
- (A) es el área de la superficie a través de la cual se transfiere el calor (en m²),
- (ΔT) es la diferencia de temperatura entre las dos caras del material (en K o °C),
- (d) es el grosor del material a través del que se transfiere el calor (en m).

Flux de Energía

El flujo de energía se refiere a la tasa a la cual la energía se transfiere o se transfiere a través de un área determinada por unidad de tiempo. En el contexto de la Ley de Fourier, se habla del flujo de energía térmica (o calor). Este flujo es importante en la ingeniería y la física porque afecta cómo se diseñan los sistemas térmicos, como las construcciones, calefacción, refrigeración, y en aplicaciones industriales que involucran el manejo del calor.

Concepto de Calor

El calor es una forma de energía que se transfiere entre sistemas o cuerpos debido a una diferencia de temperatura. Se desplaza desde el cuerpo de mayor temperatura hacia el de menor temperatura. El calor se puede transferir de varias maneras:

1. Conducción: Transferencia de calor a través de un material debido a la colisión de sus moléculas.
2. Convección: Transferencia de calor mediante el movimiento de un fluido (líquido o gas).
3. Radiación: Transferencia de energía en forma de ondas electromagnéticas, que puede ocurrir incluso en el vacío.

En resumen, la Ley de Fourier, el flujo de energía y el concepto de calor son fundamentales para entender cómo se mueve la energía térmica y cómo se pueden diseñar sistemas para gestionar eficientemente la energía térmica en diversas aplicaciones.

Se recomienda estudiar la siguiente página web:

<https://es.khanacademy.org/science/ap-physics-1/ap-work-and-energy/conservation-of-energy-ap/a/conservation-of-energy-ap-physics-1>

Del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot se recomienda estudiar los capítulos 9 y 10. De estos capítulos los siguientes ejemplos contribuyen a entender la teoría:

- 9.1-1; 9.2-1; 9.3-1; 9.3-2; 9.3-3; 9.4-1;
- 10.2-1; 10.2-2; 10.6-1; 10.7-1

Los siguientes problemas del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot se puede utilizar para preparar este tema por el examen:

- 9A.1; 9A.2; 9A.3; 9A.4; 9A.5; 9A.6; 9A.7; 9A.8; 9A.9; 9A.10; 9A.11; 9A.12
- 10A.1; 10A.2; 10A.3; 10A.4; 10A.5; 10A.6; 10A.7; 10A.8; 10B.1; 10B.2; 10B.3; 10B.4; 10B.5; 10B.6; 10B.7; 10B.8; 10B.9; 10B.10; 10B.11; 10B.12; 10B.13; 10B.14; 10B.15; 10B.16; 10B.17; 10B.18

Para estudiar la ecuación general de la conservación de energía, refiérase al capítulo 11 párrafo 1 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot.

Las formas especiales de la ecuación de energía se encuentran en el capítulo 11 párrafo 2 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot. En este mismo párrafo se pueden encontrar los llamados casos especiales.

La tabla 11.4-1 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot puede ser consultado para las ecuaciones de cambios en fluidos puros en términos de diferentes tipos de flux.

Del mismo libro los diferentes grupos adimensionales que pueden ser utilizados para practicar los análisis adimensionales se pueden encontrar en la tabla 11.5-1; 11.5-2 y 11.5-3 en el párrafo 5 del capítulo 11.

Los siguientes problemas del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot se puede estudiar para preparar este tema por el examen:

11A.1; 11A.2; 11A.3; 11A.4; 11A.5; 11A.6; 11A.7; 11B.1; 11B.2; 11B.3; 11B.4; 11B.5; 11B.6; 11B.7; 11B.8; 11B.9; 11B.10; 11B.11; 11B.12; 11B.13; 11B.14; 11B.15

Capítulo 12 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot describe los conceptos de la capa limite térmica.

Los siguientes del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot se puede utilizar para preparar este tema por el examen: 12A.1; 12A.2; 12A.3; 12A.4; 12A.5; 12A.6; 12B.1; 12B.2; 12B.3; 12B.4; 12B.6; 12B.7; 12B.8; 12B.9

Unidad tres: Análisis de sistemas no isotérmicos (difusión y convección)

El párrafo 6 del capítulo 10 provee información sobre la Difusión de energía (conducción) en un sistema de paredes compuestas del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot. El párrafo 7 de capítulo 10 del mismo libro explica la transferencia de energía de aletas de enfriamiento y el concepto de su eficiencia.

Para estudiar los flujos no isotérmicos entre placas paralelas se puede consultar el párrafo 9 del capítulo 10 del libro Transport Phenomena. Bird, Stewart, Lightfoot. John Wiley and Sons, 2nd Edition, 2002. Esta sección se centra en la convección libre. Para estudiar los conceptos de convección forzada refiérese al párrafo 8 del capítulo 10 del mismo libro.

Se puede consultar párrafo 2 del capítulo 12 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot para estudiar el Problema de Graetz. En esta misma sección se encuentra más información sobre su impacto en la relación entre Nusselt y Graetz.

El párrafo 9 del capítulo 10 del Convección natural del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot debe de ser consultado para estudiar todos los conceptos de conveccion libre.

Para estudiar el calentamiento de un cuerpo semiinfinito se debe consultar el párrafo 1 del capítulo 12 del libro Transport Phenomena. Bird, Stewart, Lightfoot. John Wiley and Sons, 2nd Edition, 2002 En este calentamiento ocurre también simultáneamente capas límites de momentum y energía. Para su revisión se puede consultar el párrafo 4 del capítulo 12 del mismo libro.

Ejemplo 12.4-2 del libro Transport Phenomena. Bird, Stewart, Lightfoot. John Wiley and Sons, 2nd Edition, 2002 provee información sobre el tratamiento térmico de una lámina de longitud infinita. Solución exacta. Del libro Transport Phenomena. Bird, Stewart, Lightfoot. John Wiley and Sons, 2nd Edition, 2002. Problema 12.A-2 Comparison of the two slab solutions for short times. Del mismo libro en página 308 se puede obtener más información sobre el número de Biot.

Del capítulo 10 los siguientes ejemplos del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot contribuyen a entender la teoría:

- 10.7-1

Del capítulo 12 los siguientes ejemplos del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot contribuyen a entender la teoría:

- 12.1-1; 12.1-2; 12.2-1; 12.2-2; 12.4-1; 12.4-2

Los siguientes problemas del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot se puede utilizar para preparar este tema por el examen:

- 10A.1; 10A.2; 10A.3; 10A.5; 10B.1; 10B.3; 10B.4; 10B.5; 10B.7
- 12A.1; 12A.2; 12A.3; 12A.4; 12A.5; 12A.6; 12B.1; 12B.2; 12B.3; 12B.4; 12B.6; 12B.7; 12B.8; 12B.9

Unidad cuatro: Determinación de coeficientes de Transferencia de Energía

Se sugiere ampliamente revisar el capítulo 14 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot y los capítulos 19, 20 y 21 del libro Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, quinta edición de James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory L. Rorrer para tener un amplio panorama acerca de la determinación de coeficientes de energía.

El párrafo 1 del capítulo 14 provee la información necesaria para definir los coeficientes de transmisión de calor y el cálculo de éstos. Si lo desea, también puede revisar las páginas 279-285, correspondientes a las secciones 19.4 y 19.5, del libro Welty Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, quinta edición de James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory L. Rorrer para reforzar el tema.

Los párrafos 2 y 3 del capítulo 14 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot muestran cómo se realiza la determinación de los coeficientes de transferencia de energía. Si lo desea, también puede revisar las páginas 285-305, correspondientes a las secciones 19.6, 19.7, 19.8, 20 y 20.1 del libro Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, quinta edición de James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory L. Rorrer para reforzar el tema.

Los párrafos 4, 5 y 6 del capítulo 14 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot muestran como determinar coeficientes de transferencia de energía para geometrías no convencionales. Si lo desea, se puede revisar las secciones 20.2, 20.3 y 20.4 del libro Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, quinta edición de James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory L. Rorrer, para reforzar el tema.

El párrafo 7 del capítulo 14 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot muestra las analogías existentes entre la transferencia de energía y la transferencia de momentum. Si lo desea, también puede revisar las secciones 21, 21.1, 21.2 y 21.3, del libro Fundamentals of Momentum, Heat, and Mass Transfer, quinta edición de James R. Welty, Charles E. Wicks, Robert E. Wilson, Gregory L. Rorrer, para reforzar el tema.

Para esta unidad se le recomienda estudiar las preguntas para la discusión 1 a 7 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot.

Los siguientes problemas del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot se puede utilizar para preparar este tema por el examen:

- 14A.1; 14A.2; 14A.3; 14A.4; 14A.5; 14A.6; 14A.7; 14A.8; 14A.9; 14B.1; 14B.2; 14B.3;
12B.4; 12B.5; 12B.6

Unidad cinco: Balances integrales

Las ecuaciones de Balances Macroscópicos son utilizadas para resolver problemas de Transferencia de Energía.

Para estudiar los conceptos necesarios de esta unidad se refiere al libro "Transport Phenomena" segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot. Estos conceptos se encuentran en el capítulo 15, párrafos 1 y 2.

De particular importancia son las ecuaciones 15.1-2 y 15.1-3, las cuales se encuentran en el párrafo 1 del capítulo 15. Del párrafo 2 del capítulo 15 las ecuaciones 15.2-1 hasta la 15.2-6 son importantes.

De este capítulo los siguientes ejemplos del libro "Transport Phenomena" segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot contribuyen a entender la teoría:

- 15.3-1, 15.3-2, 15.4-1, 15.5-1, 15.5-3

Los siguientes problemas del libro "Transport Phenomena" segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot se puede utilizar para preparar este tema por el examen:

- 15A.4, 15A.6, 15A.7, 15B.1, 15B.2

Unidad seis: Radiación Térmica

El capítulo 16, la introducción y párrafo 1 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot describe de manera general la introducción a los conceptos de la Radiación Térmica.

El capítulo 16, párrafo 2 del mismo libro “describe claramente los conceptos de absorción, reflexión y transmisión. Estos pueden ocurrir en Transferencia de Energía mediante radiación. Estos conceptos son utilizados para realizar cálculos en diferentes tipos de objetos. Los conceptos de objetos reales, grises y negros también están descritos en este párrafo. De particular importancia son las ecuaciones 16.2-1 hasta 16.2-12.

Refiérase a capítulo 16, párrafo 3 del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot para la teoría y explicación de la Ley de Stefan-Boltzmann la cual es la base para los cálculos de transferencia de energía mediante radiación. En este párrafo también se encuentra una explicación sobre el Intercambio de energía radiante en cuerpos negros y grises y el coeficiente ficticio de transferencia de energía por radiación.

El párrafo 4 del mismo capítulo proporciona información sobre los cálculos acerca de la transferencia de energía a través de radiación entre dos objetos “negros”, los cuales tienen diferentes temperaturas. También se encuentran las ecuaciones necesarias para determinar los factores de ángulo o configuración, para determinar la fracción de radiación que llega desde un objeto a otro objeto.

El párrafo 5 del mismo capítulo puede ser consultado para estudiar la transferencia de energía mediante radiación entre dos objetos los cuales tienen diferentes temperaturas. Es de importancia, tomar en cuenta la emisividad respectiva.

Para esta unidad se le recomienda estudiar los siguientes ejemplos del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot:

- 16.3-1b; 16.4-2; 16.5-2; 16.5-3

Los siguientes problemas del libro “Transport Phenomena” segunda edición de los autores R. Byron Bird, W.E. Stewart y E.N. Lightfoot se pueden utilizar para preparar este tema para el examen:

- 16A.3; 16A.4; 16A.5; 16A.6; 16B.1; 16B.6