



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE QUÍMICA

DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA QUÍMICA

GUÍA PARA EL EXAMEN EXTRAORDINARIO

Transferencia de Momentum

(clave 1428)

Noviembre / 2024

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

UNIDADES TEMÁTICAS

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Significado de los Fenómenos de Transporte

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 0, Sección 0.1, pp. 1-8.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 1, Secciones 1.1-1.3, pp. 1-7.

1.2. Conceptos básicos generales (variables de campo, flux, flujo, difusión y convección) y ecuaciones de transporte

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 1, pp. 11-39.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 3, Secciones 3.1-3.5, pp. 29-33.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 1, Secciones 1.1-1.5, Apéndices A-C, pp. 14-36.

2. FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS

2.1. Concepto de tensor y notación de índices

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Apéndice A, pp. 807-842.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Apéndices A-B, pp. 648-653.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 1, pp. 14-38; Capítulo 2, Sección 2.2, pp. 49-53.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Appendix A: Vectors and Tensors, pp. A1(741)- A5(745).

2.2. Álgebra y cálculo tensoriales

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Apéndice A, pp. 807-842.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 1, Secciones 1.1-1.5, Apéndices A-C, pp. 14-36.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Appendix A: Vectors and Tensors, pp. A1(741)- A8(748).

3. MECÁNICA DEL MEDIO CONTINUO

3.1. Conceptos fundamentales

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Secciones 3.1-3.4, pp. 77-83.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 1, Secciones 1.1-1.3, pp. 1-7.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Secciones 2.1-2.2, pp. 39-53.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 3, Kinematics of Flow, Sections 3.1-3.3, 3.5 pp. 3/1(65)-3/8(72), 3/10(74)-3/12(76).

3.2. Sistemas de referencia (Euler y Lagrange)

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Sección 3.5, pp. 83-86.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 3, Sección 3.2, pp. 29.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 3, Kinematics of Flow, Section 3.1, pp. 3/1(65)-3/3(67).

3.3. Ecuación de continuidad y casos particulares

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Sección 3.1, pp. 77-78.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 9, Sección 9.1, pp. 99-101.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Sección 2.1.3, pp. 44-45.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 3, Kinematics of Flow, Section 3.4, pp. 3/10(74); Chapter 4, conservation of mass, 4/1(85)-4/10(94).

3.4. Tensores cinemáticos (gradiente de velocidades, rapidez de deformación y vorticidad)

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 8, Secciones 8.3-8.5, pp. 78-80.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Secciones 2.1.2-2.1.5, pp. 45-49.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 3, Kinematics of Flow, Section 3.6, pp. 3/13(77)-3/19(83); Chapter 20, constitutive equations, Section 20.2, Rate of rotation and rate of deformation, 20/2(676)-20/5(679).

3.5. Teorema del transporte de Reynolds

- Currie, Fundamental Mechanics of Fluids, 3rd Edition, 2003, Marcel Dekker, Capítulo 1, Sección 1.5, pp. 240-252.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Sección 2.1.4, pp. 41-43.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 3, Kinematics of Flow, Section 3.4, pp. 3/8(72)-3/11(74).

3.6. Tensor de esfuerzos. Concepto de presión

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Sección 3.2, pp. 78-80.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 2, Sección 2.1, pp. 16-19; Capítulo 7, Sección 7.1, pp. 81-82.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Secciones 2.2.3-2.2.5, pp. 50-53.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 5, Basic concepts of fluid dynamics, Section 5.2, pp. 5/2(96)-5/6(100).

3.7. Ecuaciones constitutivas (fluido newtoniano y no newtoniano)

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 1, Sección 1.1, pp. 11-21; Capítulo 8, pp. 231-262.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 7, Secciones 7.1-7.5, pp. 81-90.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Sección 2.3.1, pp. 54; Capítulo 4, Secciones 4.1-4.3, pp. 100-108.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 1, Fundamental concepts, Section 1.3, Viscosity, pp. 1/4(20)-1/11(27), Section 1.4, Non-Newtonian fluids, 1/11(27)-1/14(30); Chapter 20, constitutive equations, Section 20.3, The Newtonian constitutive equation, 20/6(680)-20/11(685); Chapter 21, Non-Newtonian flow, Sections 21.1 to 21.4, 21/1(687)-21/12(698).

3.8. Viscosidad dinámica, segundo coeficiente viscoso y viscosidad volumétrica.

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 1, Sección 1.1, pp. 11-21.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 7, Secciones 7.1-7.5, pp. 81-90.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Secciones 2.3.1, pp. 54.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 20, constitutive equations, Section 20.3, The Newtonian constitutive equation, 20/9(683)-20/10(684).

4. ECUACIONES DE CONSERVACIÓN

4.1. Ecuación de Cauchy

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Sección 3.2, pp. 78-80; Apéndice B, pp. 847.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 9, Sección 9.2, pp. 101-110.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Sección 2.2.1, pp. 48.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 6, Conservation of momentum, Section 6.1, pp. 6/1(105)-6/3(107); Section 6.3, pp. 6/14(118)-6/18(122); Section 6.4, pp. 6/18(122)-6/22(126).

4.2. Ecuación de Navier-Stokes (ENS)

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Sección 3.5, pp. 83-86; Apéndice B, pp. 848.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 9, Sección 9.2, pp. 101-110.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 2, Sección 2.3.2, pp. 54-55.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 6, Conservation of momentum, Section 6.5, pp. 6/22(126)-6/24(128).

4.3. Casos particulares de ENS: Fluido incompresible, fluido ideal, ecuación de Bernoulli, ecuación de difusión de momentum (coeficiente de difusión de momentum), ecuación de la hidrostática

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Secciones 3.5-3.6, pp. 86-96.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 9, Sección 9.3, pp. 110-111.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 2, Fluid statics, pp. 2/1(36)-2/4(40); Chapter 6, Conservation of momentum, Section 6.5, pp. 6/24(128)-6/25(129); Chapter 14, The Bernoulli equation for duct flows, Sections 14.1 to 14.3, pp. 14/1(463)-14/8 (470).

4.4. Condiciones iniciales y de frontera

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Secciones 3.5-3.6, pp. 86-96.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 7, Conservation of momentum, Section 7.17, pp. 7/47(189)-7/49(191).

4.5. Análisis dimensional, números adimensionales (Re, Eu, Fr, St) y casos límite de ENS

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Sección 3.7, pp. 97-103.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 11, Secciones 11.1-11.6, pp. 128-135.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 6, Conservation of momentum, Section 6.8, pp. 6/33(137)-6/35(139).

4.6. Introducción a los conceptos de capa límite y turbulencia

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 4, Sección 4.7, pp. 133-140; Capítulo 5, Secciones 5.1-5.5, pp. 153-168.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 12, Secciones 12.3-12.5, pp. 144-150; Secciones 12.8-12.15, pp. 155-165.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 9, Laminar boundary layers, Sections 9.1 and 9.2, pp. 9/1(239)-9/19(257); Chapter 10, Turbulent flow, Sections 10.1 to 10.4, pp. 10/1(279)-10/74(300).

5. ANÁLISIS DE SISTEMAS DE FLUJO

5.1. Placas paralelas (flujo por arrastre y por gradiente de presión)

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 1, Sección 1.1, pp. 11-15; Capítulo 2, Problema 2B.2, pp. 63.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 3, Sección 3.1.1, pp. 77-79.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 7, Conservation of momentum, Sections 7.2, 7.5 and 7.6, pp. 7/1(143)-7/10(152), 7/18(160)-7/19(161); 7/20(162)-7/21(163).

5.2. Placas paralelas (capas de fluidos inmiscibles)

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 2, Sección 2.5, pp. 56-58.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 7, Conservation of momentum, Section 7.9, pp. 7/25(167)-7/28(170).

5.3. Plano inclinado con frontera libre

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 2, Sección 2.2, pp. 43-47.

- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 8, Sección 8.2, pp. 95-97.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 3, Sección 3.2.1, pp. 84-86.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 7, Conservation of momentum, Section 7.8, pp. 7/23(165)-7/25(167).

5.4. Tubo (factor de fricción)

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 2, Sección 2.3 pp. 48-53; Capítulo 6, Secciones 6.1-6.2, pp. 177-184.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 8, Sección 8.1, pp. 92-95; Capítulo 13, Sección 13.2, pp. 170-172.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 3, Sección 3.3.1, pp. 87-88; Capítulo 6, Sección 6.1, pp. 132-136.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 7, Conservation of momentum, Section 7.3, pp. 7/10(152)-7/17(159).

5.5. Cilindros concéntricos

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 3, Sección 3.6-3, pp. 89-93.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 3, Sección 3.1.2, pp. 79-81.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 7, Conservation of momentum, Sections 7.7 and 7.10, pp. 7/21(163)-7/23(165), 7/28(170)-7/30(172).

5.6. Primer problema de Stokes

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 4, Sección 4.1-1, pp. 115-117.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 7, Conservation of momentum, Section 7.15, pp. 7/41(183)-7/44(186).

6. BALANCES INTEGRALES

6.1. Técnicas de premediación. Justificación de la necesidad del enfoque integral

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 7, Secciones 7.1-7.2, pp. 197-201.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 4, Secciones 4.1-4.2, pp. 34-39.

6.2. Forma integral de la ecuación de continuidad

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 7, Sección 7.1, pp. 198-200.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 4, Secciones 4.1-4.2, pp. 34-39.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 7, Sección 7.1, pp. 144.
- Vlachopoulos, Fundamentals of Fluid Mechanics, Revised internet edition, 2016, Chapter 4, Conservation of mass, Section 4.2, pp. 4/5(89)-4/6(90).

6.3. Forma integral de la ecuación de momentum

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 7, Sección 7.2, pp. 200-201.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 5, Secciones 5.1-5.4, pp. 43-57.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 7, Sección 7.2, pp. 144-145.

6.4. Problemas de balances integrales en estados estacionario y transitorio Problemas de balances macroscópicos a régimen transitorio.

- Bird, Steward, Lightfoot, Transport Phenomena, Revised 2nd Edition, 2002, Wiley, Capítulo 7, Secciones 7.6-7.7, pp. 209-221.
- Welty, Wicks, Wilson, Rorrer, Fundamentals of Momentum, Heat and Mass Transfer, 5th Edition, Wiley, Capítulo 4, Secciones 4.1-4.2, pp. 34-39; Capítulo 5, Secciones 5.1-5.4, pp. 43-57.
- Manero, Angola-Bañuelos, Transferencia de Momentum, 1a edición, 2024, UNAM, Capítulo 7, Sección 7.4, pp. 147-156.