

Biomecánica del movimiento animal

Curso opcional de posgrado en Física

2do semestre 2024

Lugar de dictado

Instituto de Física de la Facultad de Ciencias

Docente responsable

Dr. Ernesto Blanco

Objetivos

El objetivo de este curso es proporcionar a los estudiantes herramientas básicas que les permitan analizar el movimiento animal potenciado por músculos desde una perspectiva dada por la mecánica clásica y la termodinámica.

Se espera que los estudiantes adquieran conceptos básicos de fisiología muscular, sistemas musculoesqueléticos y zoología para luego profundizar en el modelado físico de varios modos de locomoción en distintos medios (tierra, aire y agua) en distintos grupos zoológicos (fundamentalmente vertebrados y artrópodos). Se espera que el estudiante adquiera una comprensión de los principios biomecánicos generales del movimiento animal así como conocimiento de las técnicas de modelado teórico y métodos experimentales más usados en este campo. También se espera que conozcan el tipo de problemas biomecánicos que se plantean en situaciones específicas en diversos grupos zoológicos con diferentes hábitos y modos de vida.

Temario

1. Aspectos de la locomoción optimizados evolutivamente
 - 1.1. Fitness biológico
 - 1.2. Velocidad
 - 1.3. Aceleración y maniobrabilidad
 - 1.4. Resistencia
 - 1.5. Economía de energía
 - 1.6. Estabilidad
 - 1.7. Compromisos
 - 1.8. Restricciones
 - 1.9. Teoría de optimización
 - 1.10. "Gaits"

2. El músculo como productor de movimiento
 - 2.1. Mecanismos musculares para ejercer fuerza.
 - 2.2. Contracción y estiramiento forzado de músculos
 - 2.3. Potencia entregada por los músculos
 - 2.4. Importancia de los patrones de pennación y los brazos de palanca.
 - 2.5. Consumo de potencia de los músculos
 - 2.6. Tipos particulares de músculos

3. Requerimientos energéticos de la locomoción animal.
 - 3.1. Energía cinética
 - 3.2. Energía potencial gravitatoria
 - 3.3. Energía elástica
 - 3.4. Trabajo que no aumenta la energía mecánica del cuerpo
 - 3.5. Requerimientos de trabajo.
 - 3.6. Movimientos oscilatorios.

4. Consecuencias de las diferencias de tamaño
 - 4.1. Similitud geométrica y alometría en la locomoción
 - 4.2. Similitud dinámica.
 - 4.3. Similitudes elástica y de tensión

5. Métodos experimentales para el estudio de la locomoción animal
 - 5.1. Cinematografía y registro de video
 - 5.2. Locomoción estacionaria
 - 5.3. Medidas del consumo energético
 - 5.4. Observación del flujo
 - 5.5. Fuerzas y presiones
 - 5.6. Registro de la acción muscular
 - 5.7. Registro del movimiento a distancia.
 - 5.8. Propiedades de los materiales

6. Técnicas de locomoción en tierra
 - 6.1. "Crawling" con dos anclajes
 - 6.2. "Crawling" por peristalsis
 - 6.3. "Serpentine Crawling"
 - 6.4. "Hopping" al estilo de las ranas
 - 6.5. Modelo de Canguro inelástico.
 - 6.6. Modelo mínimo de caminata.
 - 6.7. Modelo de "Synthetic Wheel"
 - 6.8. Modelo de caminantes con piernas masivas
 - 6.9. Modelos masa-resorte de la carrera.
 - 6.10. Comparaciones entre Técnicas y modelos

7. Caminata, carrera y "Hopping"
 - 7.1. Velocidad
 - 7.2. "Gaits"
 - 7.3. Fuerzas y energía
 - 7.4. Mecanismos elásticos de ahorro energético
 - 7.5. Energía cinética interna
 - 7.6. Costo metabólico de transporte
 - 7.7. Predicción de "Gaits" óptimas
 - 7.8. Locomoción en piso blando, en pendientes y con cargas
 - 7.9. Estabilidad
 - 7.10. Maniobrabilidad

- 8. Trepador y saltador
- 8.1. Salto vertical
- 8.2. Optimización del diseño de las piernas y técnica de salto
- 8.3. Efectos de escala en el salto vertical
- 8.4. Salto desde ramas
- 8.5. Trepador superficies verticales y caminar en posición invertida

9. "Crawling" y "Burrowing" en distintos grupos zoológicos

- 9.1. Gusanos
- 9.2. Larvas de insectos
- 9.3. Moluscos
- 9.4. Reptiles
- 9.5. Mamíferos

10. "Gliding" y "Soaring"

- 10.1. Drag
- 10.2. Lift
- 10.3. Drag en Aerofoils
- 10.4. "Gliding" Performance
- 10.5. Estabilidad
- 10.6. "Soaring"

11. "Hovering"

- 11.1. Flujo de aire alrededor de los animales en "Hovering"
- 11.2. Generación de Lift
- 11.3. Potencia requerida para el "Hovering"

12. Vuelo activo

- 12.1. Aerodinámica del vuelo mediante el batido de alas
- 12.2. Requerimientos de potencia para el vuelo activo
- 12.3. Optimización del vuelo activo

13. Ejemplos de movimiento en la superficie del agua

- 13.1. Arañas pescadoras
- 13.2. Basilisco
- 13.3. Nadadores de superficie

14. Nado con remos y "Hydrofoils"

- 14.1. Eficiencia de Froude
- 14.2. Nado potenciado por Drag
- 14.3. Nado potenciado por Lift en extremidades y aletas
- 14.4. Nado con colas que actúan como un "Hydrofoil"
- 14.5. "Porpoising"

15. Nado por ondulación

- 15.1. Peces que nadan por ondulación
- 15.2. Actividad muscular en el nado por ondulación de los peces
- 15.3. Aletas, colas y "Gaits"

- 15.4. Gusanos que nadan por ondulación

- 16. Nado por propulsión tipo Jet
 - 16.1. Eficiencia de la propulsión tipo Jet
 - 16.2. Mecanismos elásticos en la propulsión tipo Jet

- 17. Flotación
 - 17.1. Órganos para flotación
 - 17.2. Nado en animales densos
 - 17.3. Energética de la Flotación
 - 17.4. Flotabilidad y modo de vida

- 18. Ayudas tecnológicas a la locomoción humana
 - 18.1. Calzado
 - 18.2. Bicicletas
 - 18.3. Buceo
 - 18.4. Botes
 - 18.5. Planeadores

Previas

Se requieren conocimientos que se obtienen en los cursos de grado de Mecánica Clásica, Termodinámica y Mecánica de Fluidos. También se requiere algún curso de grado en biomecánica como pueden ser "Introducción a la Biomecánica" y "Paleobiomecánica" o alguna aproximación a aplicaciones de la física a la biología como se da en el curso de grado de Biofísica.

Carga horaria

Curso semestral, con 6 horas de clases directas semanales (4 de teórico + 2 de ejercicios). La dedicación horaria complementaria fuera de clase consistirá en la realización domiciliaria de ejercicios prácticos, lecturas dirigidas básicas y complementarias, análisis de videos de animales en movimiento, entre otras actividades, y por su carga horaria, estimada en 9 hs semanales adicionales a las 6 hs de clases directas, corresponde a un curso de 15 créditos.

Evaluación

Examen práctico escrito, exonerable mediante la entrega de ejercicios y la participación en clase.

Examen teórico oral obligatorio.

Bibliografía recomendada

Básica

Alexander, R. M. (2003). Principles of animal locomotion. Princeton university press.

Biewener, A., & Patek, S. (2018). Animal locomotion. Oxford University Press.

Complementaria

Alexander, R. M. (1983). *Animal mechanics*.

Pennycuik, C. J. (2008). *Modelling the flying bird*. Elsevier.

Alexander, R. M. (1996). *Optima for animals*. Princeton university press.

Vogel, S. (2013). *Comparative biomechanics: life's physical world*. Princeton University Press.

Pennycuik, C., & Pennycuik, S. (2016). *Birds Never Get Lost*. Troubador Publishing Ltd.

Vogel, S. (2009). *Glimpses of creatures in their physical worlds*. Princeton University Press.

Vogel, S. (1988). *Life's devices: the physical world of animals and plants*. Princeton University Press.