



Fall 2022-2023 Syllabus:

## Introduction to Biofluid Mechanics

334009

סילבוס סמסטר חורף תשפ"ג

### מכניקת זורמים ביולוגיים

Instructor: Prof. Josué Sznitman

Last updated: October 2022

שעות שבויעות: 3 שעות הרצאה • 2 שעות תרגול

נקודות זיכוי: 4.0

#### קביעת הציון הסופי

10% - תרגילי בית חובה: ההגשה בזוגות במודל. אנא הקפידו על סריקה ברורה אחרת העבודה לא תיבדק. כל שבועיים יפורסם גיליון חדש. הציון יקבע לפי 5 הגליונות הטובים ביותר.  
90% - בחינה: מועד א' 21.02.2023 | מועד ב' 19.03.2023  
מבחן עם חומר סגור, ניתן להביא 2 דפי נוסחאות (4 עמודים סה"כ) בכתב יד או מודפס.

#### צוות הקורס

תפקיד	מייל	שעת לימוד וכיתה
פרופ' גוזוואה שניטמן מרצה אחראי	<a href="mailto:sznitman@bm.technion.ac.il">sznitman@bm.technion.ac.il</a>	א' 9:30 – 12:30   אולמן 311 שעת קבלה: א' 13:30-14:30
רון בסלר מתרגל אחראי	<a href="mailto:sronbess@campus.technion.ac.il">sronbess@campus.technion.ac.il</a>	ב' 10:30-12:30   ביורפואה 202 ד' 8:30 – 10:30   ביורפואה 201 שעת קבלה: בתיאום מראש במייל
אסיל נעמה מתרגלת	<a href="mailto:aseel.nama@campus.technion.ac.il">aseel.nama@campus.technion.ac.il</a>	ג' 12:30 – 14:30   ביורפואה 201 שעת קבלה: בתיאום מראש במייל

#### תקשורת בקורס

פניות ושאלות לצוות הקורס יועלו לאחד הפרומים הרלוונטיים באתר הקורס במודל. אנא וודאו בתחילת הסמסטר כי הינכם רשומים ומקבלים הודעות.

פניות אישיות יישלחו במייל עם שורת נושא המכילה את הטקסט [BM337403] ונושא הפנייה, למשל:

Subject: [BM337403] Request for homework extension due to hospitalization





### Keywords:

Concept of biofluids, continuum, scaling and dimensional analysis, Lagrangian vs. Eulerian variables, conservation of mass, Reynolds transport theorem, conservation of momentum, constitutive equations, Euler, Bernoulli and Navier-Stokes equations, kinematics of fluids, Poiseuille law, Newtonian viscous flows, Non-Newtonian fluids, boundary layers, turbulence, mass transport, diffusion, convection-diffusion equation, transient diffusion.

### Course Description & Objectives:

This course introduces the fundamental of fluid mechanics with a focus on biomedical-relevant applications. Details of all topics covered are given below (weekly lectures).

### Bibliography

- Sznitman, J. Lecture notes (available on Moodle)
- Fox, Pritchard & McDonald. *Introduction to Fluid Mechanics*, Wiley Press 2010.
- Grotberg, J.B. *Biofluid Mechanics*, Cambridge University Press 2021.

### מקצועות קדם:

שם	מס' קורס
חשבון דיפרנציאלי ואינטגרלי 2 ת'	104013
משוואות דיפרנציאליות רגילות מ' / ת	104135 / 104136
מבוא לאנטומיה של האדם / מבוא לאנטומ מיקרוסקופית ומקרוסקופ	274001 / 334274

### הכנה למבחן

אנו ממליצים כהכנה למבחן להשלים את החומר התיאורטי הנלמד בהרצאות ותרגולים (במידת הצורך) ולפתור עצמאית (ללא שימוש בפתרונות מפורסמים) את התרגילים מהתרגולים ושיעורי הבית. לאחר מכן, ניתן להמשיך לתרגל גם תרגילים ממבחנים ישנים. ישנן הרצאות ותרגולים מוקלטים משנים קודמות לשימושכם באתר PANOPTO אך חשוב להדגיש שייכתבו שינויים, וכי החומר עליו תיבחנו יבוסס על מה שהועבר בסמסטר הנוכחי.

### Topics & Schedule

- **Week 1: Introduction to Fluids**  
Definition of a fluid, introduction to viscosity, review of a stress field, surface tension, velocity field including streamline/pathline. Review of dimensions and units.
- **Week 2: Hydrostatics**  
Fluid statics, pressure variation, manometer, hydrostatic force, buoyancy and stability





- **Week 3: Mass Conservation**  
Basic law, definition in integral form (control volume) and examples, definition in differential form and examples, stream function
- **Week 4: Momentum Conservation**  
Newton's second law for a fluid, momentum equation for inertial control volume and examples, angular momentum, kinematics of a fluid element incl. translation, rotation and deformation
- **Week 5: Navier-Stokes' Equations**  
Derivation, Navier-Stokes equations for Newtonian fluid and first examples for laminar flows (i.e. inclined plane flow, viscometer between coaxial cylinders)
- **Week 6: Incompressible and Inviscid Flows**  
Euler equations, Bernoulli equation (derivation), static, stagnation and dynamic pressures, examples (i.e. pitot tube, siphon)
- **Week 7: Dimensional Analysis and Similitude**  
Buckingham-Pi theorem, Revisiting the falling ball, examples (Erythrocyte sedimentation rate, microfluidic sorter), Revisiting Navier-Stokes Equations in dimensionless form (see also G. Leal approach)
- **Week 8: Steady Viscous (Newtonian) Flow**  
Unidirectional flows, Fully-developed laminar flow (parallel plates), Hagen-Poiseuille in a tube, vascular hemodynamics, Mucus clearance down incline, Murray's law
- **Week 9: Rheology**  
Revisiting shear stress and strain rate, Constitutive equations, Power-law fluids, Casson model for blood, blood flow in a tube, viscometer analysis
- **Week 10: Introduction to boundary layers**  
Boundary-layer thickness, Entrance flow in a tube (airways and blood vessels), momentum integral equation
- **Weeks 11&12: Introduction to Mass Transport**  
Diffusion concept, Fick law, unsteady diffusion, convection-diffusion equation, solution to 1D drug transport in a vessel
- **Weeks 13: Summary and Review**  
Review preparation ahead of final exam

### Ethics

The strength of the university depends on academic and personal integrity. In this course, you must be honest and truthful. Ethical violations include cheating on exams, plagiarism, reuse of assignments, improper use of the Internet and electronic devices, unauthorized collaboration, alteration of graded assignments, forgery and falsification, lying, facilitating academic dishonesty, and unfair competition. Report any violations you witness to the instructor.

### Students with Disabilities

Any student with a disability who may need accommodations in this class must obtain an accommodation letter from Technion International's guidance counselor:  
counselor@int.technion.ac.il





**ABET Outcomes**

- (a) Ability to apply knowledge of mathematics, science and engineering.
- (b) Ability to identify, formulate, and solve engineering problems.
- (c) Understanding of professional and ethical responsibility.
- (d) Ability to use the techniques, skills, and modern engineering tools necessary for engineering practice.
- (e) Apply dimensional analysis to solve fluid mechanics problems
- (f) Apply conservation equations
- (g) Assimilate velocity fields and fluid kinematics
- (h) Explain what is fluid viscosity and shear forces
- (i) Understand pressure gradients and flow
- (j) Apply diffusion mass transport equations
- (k) Describe the behavior of Newtonian and non-Newtonian fluids
- (l) Describe what are biofluids

