

Topics in probability and stochastic processes, 049014**Topic: Free boundary problems and probability****Instructor:** Rami Atar rami@technion.ac.il**Format:** A learning seminar, where students present research papers from the literature.

The course will cover two recent developments at the intersection of free boundary problems (FBP) and probability.

1. Interacting particle systems whose hydrodynamic limit is given by a FBP. One such model is the N -Branching Brownian motion, that has been proposed as a model for selection in population dynamics: Particles perform Brownian motion with branching on the real line, and the leftmost particle gets removed upon any branching event, so that the population size is conserved. It was proved in [4] that the hydrodynamic limit is given as a classical solution to a FBP. Traveling wave solutions are known to exist, whose speed is the subject of further research. Various other particle system models provide relations to FBP. Our main reference will be [8]. Other references include [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12].

2. Probabilistic representation of solutions to the supercooled Stefan problem. The Stefan problem is a PDE of FBP type, which captures the interaction between two phases of a material, such as ice and water. The supercooled case corresponds to liquid kept at lower temperature than ice, causing the liquid to freeze. It is known that the freezing rate may blow up in finite time. In [13], a probabilistic reformulation of the problem was introduced that is valid beyond blow up time and makes it possible to define global solutions. The main reference here is [13]. Other references include [14, 15].

Grade: Based on a talk about a paper, and a critical summary of it.**Time:** Sunday, 14:30–16:20.

References

- [1] J. Berestycki, É. Brunet, and B. Derrida. Exact solution and precise asymptotics of a Fisher–KPP type front. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 51(3):035204, 2017.
- [2] J. Berestycki, É. Brunet, J. Nolen, and S. Penington. A free boundary problem arising from branching Brownian motion with selection. *Transactions of the American Mathematical Society*, 374(09):6269–6329, 2021.
- [3] J. Berestycki, É. Brunet, J. Nolen, and S. Penington. Brownian bees in the infinite swarm limit. *The Annals of Probability*, 50(6):2133–2177, 2022.
- [4] J. Berestycki, É. Brunet, and S. Penington. Global existence for a free boundary problem of Fisher–KPP type. *Nonlinearity*, 32(10):3912, 2019.

- [5] N. Berestycki and L. Z. Zhao. The shape of multidimensional Brunet–Derrida particle systems. *The Annals of Applied Probability*, 28(2):651–687, 2018.
- [6] E. Brunet, B. Derrida, A. H. Mueller, and S. Munier. Noisy traveling waves: effect of selection on genealogies. *Europhysics Letters*, 76(1):1, 2006.
- [7] É. Brunet, B. Derrida, A. H. Mueller, and S. Munier. Effect of selection on ancestry: an exactly soluble case and its phenomenological generalization. *Physical Review E*, 76(4):041104, 2007.
- [8] G. Carinci, A. De Masi, C. Giardinà, and E. Presutti. *Free Boundary Problems in PDEs and Particle Systems*, Springer briefs in mathematical physics, volume 12. Springer, 2016.
- [9] A. De Masi, P. A. Ferrari, and E. Presutti. Symmetric simple exclusion process with free boundaries. *Probability Theory and Related Fields*, 161(1-2):155–193, 2015.
- [10] A. De Masi, P. A. Ferrari, E. Presutti, and N. Soprano-Loto. Hydrodynamics of the N -BBM process. In *International workshop on Stochastic Dynamics out of Equilibrium*, pages 523–549. Springer, 2017.
- [11] A. De Masi, P. A. Ferrari, E. Presutti, and N. Soprano-Loto. Non local branching Brownian motions with annihilation and free boundary problems. *Electronic Journal of Probability*, 24, 2019.
- [12] A. De Masi, E. Presutti, and D. Tsagkarogiannis. Fourier law, phase transitions and the stationary Stefan problem. *Archive for rational mechanics and analysis*, 201(2):681–725, 2011.
- [13] F. Delarue, S. Nadtochiy, and M. Shkolnikov. Global solutions to the supercooled Stefan problem with blow-ups: regularity and uniqueness. *Probability and Mathematical Physics*, 3(1):171–213, 2022.
- [14] A. Dembo and L.-C. Tsai. Criticality of a randomly-driven front. *Archive for Rational Mechanics and Analysis*, 233:643–699, 2019.
- [15] S. Nadtochiy, M. Shkolnikov, and X. Zhang. Scaling limits of external multi-particle DLA on the plane and the supercooled Stefan problem. In *Annales de l’Institut Henri Poincaré (B) Probabilités et statistiques*, volume 60, pages 658–691. Institut Henri Poincaré, 2024.

נושא הקורס בתשפ"ג: קיבול שנון קוונטי

דרישות קדם:

תורת האינפורמציה לתקשורת קוונטית (046734)
או מבוא לאינפורמציה וחישוב קוואנטים (116031)
או מבוא לעיבוד אינפורמציה קוונטית (236990)

סילבוס בעברית (עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד)

בעיות קיבול בתורת שנון הקוונטית. תקשורת לצורך טלפורטציה של מצב קוונטי דרך ערוץ חסר רעש ודרך ערוץ קוונטי רועש (חזרה). משפט LSD. ערוץ ניתן לדירוג. סופר-אדיטיביות וסופר-אקטיבציה. שיטת הפיצול. זיקוק שזירות. תקשורת וקיבול ערוץ בסיוע שזירות. מגבלות חישוב קוונטי רועש. משפט סף שלילי וקיבול קוונטי (Fawzi et al., 2022).

הקורס למעשה משלים את הקורס "תורת האינפורמציה לתקשורת קוונטית" (046734). בעוד שהקורס הקודם מתמקד בשימוש בערוץ תקשורת קוונטי כדי לשלוח הודעות קלאסיות (ביטים), הקורס המתקדם עוסק בשליחת מידע קוונטי (קיוביטים). כמו כן, הקורס נותן נקודת מבט אינפורמציונית שונה ועמוקה לבעיות חישוב קוונטי רועש וקידוד קוונטי לתיקון שגיאות בחישוב קוונטי שנידונים בקורסים אחרים, כגון: מבוא לעיבוד אינפורמציה קוונטית (236990) ומחשוב קוונטי רועש (116037). על אף הקשר, אין חפיפה משמעותית לקורסים אלו.

מקורות:

- [1] S. Mancini & A. Winter. *A Quantum Leap in Information Theory*. World Scientific, 2020.
[2] M. M. Wilde. *Quantum Information Theory*. Cambridge University Press, 2017.

תוצאות למידה:

1. עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנטיות והסטודנטים יבינו את העקרונות שבבסיס תורת שנון הקוונטית, התיאור האינפורמציוני של בעיות תקשורת וחישוב קוונטי רועש, ופרוטוקולים שונים להמרת משאבים קוונטיים לא מקומיים.
2. הסטודנטיות והסטודנטים יכירו תוצאות קיבול קוונטי יסודיות בתורת האינפורמציה הקוונטית וישלטו בשיטות אנליטיות חשובות בתחום.

הרכב הציון:

במהלך הסמסטר יחולקו 2 גיליונות תרגילי בית, ולקראת סוף הסמסטר הסטודנטים יגישו עבודה על מאמר בנושא מתקדם בתורת שנון הקוונטית. הציון בקורס יורכב מציון תרגילי הבית (30%) וציון על העבודה (70%).

שם הקורס באנגלית

The Quantum Shannon Capacity

English syllabus: עד 50 מילים, ניתן להוסיף בנוסף נושאי לימוד

בעיות קיבול בתורת שנון הקוונטית. תקשורת לצורך טלפורטציה של מצב קוונטי דרך ערוץ קיוביט חסר רעש ודרך ערוץ קוונטי רועש (חזרה). משפט LSD. ערוץ ניתן לדירוג. סופר-אדיטיביות וסופר-אקטיבציה. שיטת הפיצול. זיקוק שזירות. תקשורת וקיבול ערוץ בסיוע שזירות. מגבלות חישוב קוונטי רועש. משפט סף שלילי וקיבול קוונטי (Fawzi et al., 2022).

Capacity problems in quantum Shannon theory. Communication for teleportation via noiseless/noisy channels (reminder). LSD Theorem. Degradable channel. Super additivity and super activation. Decoupling approach. Entanglement distillation. Entanglement-assisted communication and channel capacity. Limitations of noisy quantum computing. The converse threshold theorem and quantum capacity (Fawzi et al., 2022).

Learning Outcomes:

1. Having completed the course successfully, the students will understand the principles of quantum Shannon theory, the information-theoretic description of communication problems and noisy quantum computing, and different protocols for the conversion of non-local quantum resources .
2. The students will be familiar with fundamental quantum capacity results in quantum information theory and master important analytical methods in this area.

1. טופס הצעת מקצוע חדש מסוג
"נושאים נבחרים ב..."

(בהתאם לנוהל שאושר בוועדת הקבע ב-3.7.22)

היחידה האקדמית המגישה: חשמל

רמת מקצוע: תארים מתקדמים _____ מספר מקצוע מוצע: 048214

שם עברי מקוצר: שיטות ויישומים מודרניים ברובוטיקה

שם עברי מלא: נושאים נבחרים ברובוטיקה: (השם המקוצר כאן) שיטות ויישומים מודרניים

שם באנגלית: Advanced Topics in Robotics: Modern Methods and Applications

היקף שעות לימוד שבועיות:

הרצאה: 2 תרגיל: _____ מעבדה: _____ עבודת בית: _____ פרויקט: _____

נקודות זיכוי: 2

סוג הציון: 1

צורת קביעת הציון: 5 עבודה + מעקב

צורת הוראת המקצוע: סמינר

המקצוע יופעל החל מסמסטר: 02/2023 (תוקף הקורס מוגבל לשנתיים)

לקורס אין דרישות קדם (נא להסביר) _____

דרישות קדם: לפני לימוד המקצוע המוצע, על הסטודנט לעבור בהצלחה לפחות את המקצועות הבאים (נא לרשום מספר מקצוע):

46200 _____ | _____ | _____ | _____

או

46212 _____ | _____ | _____ | _____

או

046192 _____ | _____ | _____ | _____

או 236901 או 97244 או 86761 או 236927 או 86762 או 236006

דרישות צמידות: _____, _____, _____, _____

תוכן הקורס אינו חופף תכנם של קורסים אחרים ואין צורך להגדיר מקצועות ללא זיכוי נוסף (מל"זן).



הקורס חופף בתוכנו את המקצועות הבאים (שיוגדרו כמל"זן):



מכילים: _____, _____, _____, _____

מוכלים: _____, _____, _____, _____

זהים: _____, _____, _____
סילבוס בעברית:

הקורס יינתן במתכונת של סמינר. במהלכו הסטודנטים יחשפו למאמרי מחקר עדכניים במגוון תחומים. השנה הקורס יעסוק בהיבטים אלגוריתמיים של מערכות אוטונומיות בהקשר של בקרה, תכנון וחישה. הקורס יעסוק הן בהיבטים תאורטיים וגם בסוגיות פרקטיות. בצד התאורטי, נסקור, למשל, שיטות מבוססות למידה לתכנון ובקרה, חישוב מבוזר למערכות מרובות רובוטים, תהליכים מרקוביים לקבלת החלטות, ורשתות רובוטיות. הצד המעשי יכלול תאום בין רובוטים, נהיגה אוטונומית, טיפול באזורי אסון, רובוטים בחלל ומתחת לאדמה, ותחבורה חכמה. הסטודנטים המשתתפים בקורס יקראו מאמרי סקירה מתוך [Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems](#) ויבססו את ההצגה על מספר מאמרים מרכזיים בתחום הנחקר.

תוצאות למידה: בסיום הקורס הסטודנטים והסטודנטים יהיו מסוגלים:

1. להכיר את תחומי המחקר, שיטות וכלים במערכות רובוטיות אוטונומיות, בדגש על כלים אלגוריתמיים של תכנון, בקרה, וחישה.
2. לפתח יכולות קריאה והערכה של מאמרים, בדגש על קריאה ביקורתית של מאמרים בתחום רובוטיקה ובקרה.
3. לפתח יכולות הרצאה תוך כדי שילוב של שיטת Assertion-Evidence לבניית הרצאה.

Syllabus:

This course will be given in a seminar format. Students will be exposed to recent work on autonomous robotic systems, with an emphasis on algorithmic aspects in control, planning, and estimation. Theoretical topics would be considered as well as practical considerations. On the side of theory, we shall review, for instance, learning-based approaches for planning and control, distributed computation among robots, Markovian reasoning, and robotic networks. On the practical side, we will consider, e.g., coordination between multiple robots, autonomous driving, search and rescue, robots in space and underground, and smart mobility. The student presentations would be based on survey papers from the [Annual Review of Control, Robotics, and Autonomous Systems](#) and central papers in the studied areas.

Learning Outcomes: At the end of the course the students will be able to:

1. Familiarity with research areas, methods, and tools in autonomous systems, with emphasis on algorithmic foundations of control, planning, and estimation.
2. Develop skills in evaluating and critiquing research papers in robotics and control.
3. Develop presentation skills and apply the assertion-evidence method for presentation development.

ספרי לימוד

1	שם המחבר:	<u>Spong, M., Hutchinson, S., Vidyasagar, M</u>
	שם הספר:	<u>(Robot Modeling and Control (2nd Edition</u>
	מו"ל:	<u>Wiley</u>
	שנת הוצאה:	<u>2020</u>
	חובה:	—
2	שם המחבר:	<u>.Siciliano, B., Sciavicco, L., Villani, L., Oriolo, G</u>
	שם הספר:	<u>Robotics: Modelling, Planning and Control</u>
	מו"ל:	<u>Springer</u>
	שנת הוצאה:	<u>2009</u>
	חובה:	—

.S. Thrun, W. Burgard, and D. Fox	שם המחבר:	3
Probabilistic Robotics	שם הספר:	
MIT Press, Cambridge, MA	מו"ל:	
2005	שנת הוצאה:	
—	חובה:	

שם מרכז תארים מתקדמים: פרופ' אילת טל חתימת מרכז תארים מתקדמים: אילת — 

נושא הקורס בתשפ"ד: יסודות מטא-משטחים אלקטרומגנטיים

מטא-משטחים אלקטרומגנטיים הם התקנים בעלי עובי קטן מאורך הגל המורכבים מחלקיקים ניתנים לקיטוב שמימדיהם קטנים מאורך הגל גם כן. בקורס יילמדו העקרונות הפיזיקליים המאפשרים שימוש במבנים אלו לשליטה באלומות (ובשדות בכלל), יפותחו המודלים המקובלים לתיאורם, ויוקנו השיטות באמצעותן ניתן לתכנן ולנתח רכיבים שימושיים (עדשות, מראות, מפצלי אלומות, מקטבים וכיו"ב) בעלי תכונות וביצועים ייחודיים.

מקצועות קדם:

044148 - גלים ומערכות מפולגות

הרכב הציון: קביעת הציון עפ"י מעקב במשך הסמסטר והגשת עבודת גמר.

סילבוס בעברית

מבוא להומוגניזציה: פיזור מתווך חוטי. גבולות: סריג עקיפה ומשטח עכבה. דו-קיטוביות ואניזוטרופיות. תנאי שפה שקולים של מטא-משטחים. משטחי הויגנס. תכן מאקרוסקופי של מטא-משטחים. שבירה מהונדסת. תכן מיקרוסקופי של מטא-אטומים. מטריצות פיזור ומודל קווי תמסורת. מטא-משטחים אומגה-ביאניזוטרופיים. התמרות שדה לא-מקומיות. החזרה מהונדסת. מטא-משטחים עם פאזה גיאומטרית. מטא-משטחים כיראליים. התמרות קיטוב.

מקורות:

הקורס יתבסס ברובו על מאמרים עדכניים מכתבי עת מדעיים.

- Tretyakov, S. (2003). *Analytical modeling in applied electromagnetics*. Boston: Artech House.
- Balanis, C. A. (2016). *Antenna theory: Analysis and design* (Fourth edition.). Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Pozar, D. M. (2012). *Microwave engineering* (4th ed.). Hoboken, N.J.: Wiley.
- Harrington, R. F. (2001). *Time-harmonic electromagnetic fields*. New York: IEEE Press.
- Felsen, L. B., & Marcuvitz, N. (2003). *Radiation and scattering of waves*. Piscataway, N.J.: IEEE /Wiley-Interscience.

תוצאות למידה:

עם השלמת הקורס בהצלחה, הסטודנטים יהיו מסוגלים

1. להסביר מהן התופעות הפיזיקליות המאפשרות לייצר אי-רציפויות בשדה אלקטרומגנטי על ידי מטא-משטחים, וכיצד (ומתי) ניתן לבצע הומוגניזציה.
2. לנסח תנאי שפה עבור מטא-משטחים בעלי תכונות קיטוביות מוגדרות.
3. להסביר את ההבדלים באינטרקציה של מטא-משטחים ממחלקות שונות (הויגנס, אומגה-ביאניזוטרופיים וכיראליים) עם שדות א"מ ואת היישומים האפשריים הנגזרים מכך
4. לבצע תכן מאקרוסקופי של מטא-משטחים עבור התמרות שדה העונות לכללי השימור הרלוונטיים, ובפרט: העברה מהונדסת, החזרה מהונדסת, התמרות קיטוב
5. לבצע תכן מיקרוסקופי של מטא-אטומים באמצעות מודל קו תמסורת ותוכנות סימולציה

6. להסביר כיצד שדות עזר עשויים לסייע בתכנון מטא-משטחים להתמרות שדה לא-מקומיות

Foundations of electromagnetic metasurfaces: שם הקורס באנגלית:

English syllabus:

Introduction to homogenization: scattering off wire media. Limits: diffraction grating and impedance surface. Dual-polarization and anisotropy. Generalized sheet transition conditions. Huygens' metasurfaces. Macroscopic design of metasurfaces. Engineered refraction. Microscopic design of meta-atoms. Scattering matrices and transmission line model. Omega-bianisotropic metasurfaces. Nonlocal field transformations. Engineered reflection. Geometric-phase metasurfaces. Chiral metasurfaces. Polarization control.

Learning Outcomes:

At the end of the course, the student will know how to

1. Identify the physical phenomena that allow generation of discontinuities in the electromagnetic fields via metasurfaces, and how (and when) they lead to homogenization.
2. Write the sheet transition conditions of metasurfaces with given polarizability properties (electric/magnetic/Huygens'/omega/chiral).
3. Explain the different properties of the various metasurface classes (their interaction with electromagnetic fields), and the corresponding range of applications.
4. Design metasurfaces (macroscopically) implementing field transformations that obey the relevant conservation rules (in particular, for engineered refraction and reflection, and polarization control).
5. Design meta-atoms (microscopically) using transmission-line model and commercial solvers
6. Explain how auxiliary fields may facilitate nonlocal field transformations via metasurfaces