

פרויקטים מחקריים לתלמידי תואר ראשון במכון רקח לפיזיקה

תלמידי תואר ראשון במכון רקח לפיזיקה המעוניינים כבר במהלך התואר לצבור ניסיון בעבודת מחקר מדעי מוזמנים לפנות לחברי הסגל המופיעים מטה. מסמך זה מרכז עבורכם את רשימת החוקרים המציעים עבודות מחקר לתואר ראשון בשנה זו (ראו טבלה) וכולל תקציר של נושאי המחקר של כל אחד מהחוקרים.

<u>שם</u>	<u>תחומי מומחיות</u>	<u>דוא"ל</u>
אורגד דרור, פרופ'	Condensed Matter Physics	orgad@phys.huji.ac.il
אסף מיכאל, ד"ר	Biophysics and Interdisciplinary Research Nonlinear Physics Mathematical Physics	michael.assaf@mail.huji.ac.il
בטלהיים אלדד, פרופ'	Condensed Matter Physics Mathematical Physics	eldadb@phys.huji.ac.il
ביהם עפר, פרופ'	מכניקה סטטיסטית דינאמיקה לא ליניארית – עיוני Condensed Matter Physics	biham@cc.huji.ac.il
בלברג שמואל, ד"ר	Astrophysics and Cosmology	shmbibrq@phys.huji.ac.il
בר גיל ניר, ד"ר	Condensed Matter Physics and AMO Physics	bargill@phys.huji.ac.il
ברומברג ירון, ד"ר	Atomic, Molecular and Optical Physics	aron.bromberg@mail.huji.ac.il
גזית שניר, ד"ר	Condensed Matter Physics	snirgaz@berkeley.edu
גת עמרי, פרופ'	Nonlinear Physics Condensed Matter Physics	omrigat@mail.huji.ac.il
דקל אבישי, פרופ'	Astrophysics and Cosmology	avishai.dekel@mail.huji.ac.il
הוכברג יונת, ד"ר	High Energy Physics	yonit.hochberg@gmail.com
ונדל עמרי, ד"ר	Astrophysics and Relativity	amri@mail.huji.ac.il
חרש אסף, ד"ר	Astrophysics and Relativity	assafh@mail.huji.ac.il
מילוא עודד, פרופ'	Condensed Matter Physics	milode@mail.huji.ac.il

<u>שם</u>	<u>תחומי מומחיות</u>	<u>דוא"ל</u>
סער אמיר, פרופ'	Condensed Matter Physics Atomic, Molecular and Optical Physics Biophysics and Interdisciplinary Research	Saar.Amir@mail.huji.ac.il
פאול מיכאל, פרופ'	Nuclear Hadronic and Few-Body Physics	paul@vms.huji.ac.il
פירן צבי, פרופ'	Astrophysics and Relativity	tsvi.piran@mail.huji.ac.il
קול ברק, פרופ'	High Energy Physics Particle Physics	barak.kol@mail.huji.ac.il
קופליק אריק, ד"ר	High Energy Physics	ekuflik@gmail.com
קצב איתן, פרופ'	Mathematical Physics Condensed Matter Physics Nonlinear Physics Biophysics	eytan.katzav@mail.huji.ac.il
רון גיא, פרופ'	Nuclear Physics	gron@racah.phys.huji.ac.il
רינגל זהר, ד"ר	Condensed Matter Physics Deep learning (Computer Science)	zoharahoz@gmail.com
רפפורט רונן, פרופ'	Atomic, Molecular and Optical Physics Condensed Matter Physics	ronenr@phys.huji.ac.il
רצקר אלכס, פרופ'	Atomic, Molecular and Optical Physics	retzker@phys.huji.ac.il
שטיינברג הדר, ד"ר	Condensed Matter Physics	hadar@phys.huji.ac.il

פרופ' גיא רון

Our group studies two of the fundamental forces of nature, the ElectroWeak force, and the Strong Nuclear Force by conducting experiments on systems which are affected by these forces. Among the questions we are currently trying to answer are:

- Is there physics beyond the Standard Model? How does one see the effects of such possible physics on low energy processes like nuclear beta decay.
- How well do we know the proton radius? Indication from recent experiments are that we do not have a good understanding of the size of the fundamental building block of matter. We are using a new experimental technique, simultaneously scattering muons and electrons of a proton target, to remeasure this radius accurately.
- How well do we know the structure of the proton and neutron? Are the charge and magnetization distributions in them different from each other?
- Is a nucleon inside a nucleus still a nucleon? Do it's properties change in a measurable way?
- How can we use the anti-matter partner of the electron (the positron) to study material systems.

פרופ' עפר ביהם

Studies of the structure of complex networks and analysis of dynamical processes on complex networks And Statistical Physics

פרופ' איתן קצב

תחום המחקר שלי הוא תיאוריה של פיזיקה סטטיסטית ואני עוסק במספר נושאים מגוון בתחום זה.

הפרויקטים המוצעים נעים בין עבודה נומרית (סימולציות ואנליזה נומרית של משוואות) לבין עבודה אנליטית (שיטות קירוב ופתרונות מדויקים) וחלקם משלבים או יכולים לשלב בין השניים. מבחינת מיומנויות נדרשות - כל נושא לגופו, אך בכל מקרה בצד הנומרי היכרות עם שפות תכנות ובצד Mathematica האנליטי היכרות עם תוכנות ייעודיות כגון מהווים יתרון משמעותי (אם כי ניתן ללמוד אותם תוך כדי העבודה) ככלל אני פתוח להצעות שאינן ברשימה, והמטרה שלי להפגיש את הסטודנט/ית עם תחומים בחזית המחקר המדעי. בכל הנושאים התקדמות משמעותית בפרויקט תתרום לידע הקיים, ועשויה להוביל לפרסום מדעי.

1. בעיית אריזה של כדורים קשים היא אחת הבעיות הקלאסיות בפיזיקה סטטיסטית ובאופן היסטורי היוותה מוטיבציה חשובה להתפתחויות אנליטיות, נומריות וניסיוניות. בפרויקט זה נתמקד במשפחה של קרובים אנליטיים ונומריים בממדים שונים ויישומים בתחומים מגוונים. נעמוד על המגבלות שלהם, תוך ניסיון לשפרם.

2. סופר-אוסילציות- תכונה זו מתארת אפשרות שסיגנל חסום-פס (band-limited signal) יתנדנד מהר יותר מרכיב הפורייה המהיר ביותר שלו. הרעיון מיוחס במקור לפרופ' יקיר אהרונוב, ורק בשנים האחרונות הפך מקובל והחל להיחקר בצורה רצינית. היישומים של תופעה זו רחבים מאוד – ונעים בין עיבוד אותות (סופר-רזולוציה - למשל מיקרוסקופ שמפריד גדלים קטנים מאורך הגל של האור בו משתמש המיקרוסקופ) ועד לפיזיקה קוונטית (שימוש בפוטונים בטווח האינפרה-אדום לייצור פוטונים בטווח האולטרה-סגול). המכשול העיקרי ליישום הרעיון הוא ביכולת לייצר סיגנלים סופר-מתנדנדים שצורתם ועוצמתם יאפשרו למערכת פיזיקלית להשתמש בהם. בפרויקט נסקור טכניקות חדשניות לאופטימיזציה של הצורה והעוצמה של סיגנלים כאלה.

3. אינטראקציה בין סדקים - סדקים הם הסיבה לכשל במערכות מכניות ובמובנים רבים הם הגורם הדומיננטי בחוזק של חומרים. דינמיקה של סדקים מתאפיינת במגוון רחב של אופני התקדמות – החל בשברים שמקדמים בקווים ישרים או כמעט ישרים, דרך אוסילציות, התפצלויות וצורות לא מסודרות.

אינטראקציה בין מספר סדקים שמתקדמים באותו גוש חומר מעשירה עוד יותר את המגוון הזה- ואת זה נסקור בפרויקט. ניתן יהיה להתמקד באינטראקציה המדויקת בין שני סדקים וממנה לנסות להכליל להרבה סדקים, או להתחיל מהתחלה עם אינטראקציה מקורבת בין הרבה סדקים וללמוד את התכונות הסטטיסטיות של התוצרים (כמו בגוש של בוך שמתייבש ונסדק).

4. גידול פרקטלי - פתיתי שלג, ציפוי משטחים, מושבות חיידקים ועוד מערכות רבות הן תוצר של תהליך גידול פרקטלי בעל צורה לא מסודרת, אך עם זאת בעל תכונות סטטיסטיות ניתנות לניבוי. בפרויקט נסקור משפחה מסוימת של תהליכים כאלה שמתוארים על ידי תורת שדה אקראית לא לינארית, ונחקר תכונות שונות של מבנים המתקבלים ממנה בצורה נומרית ו/או אנליטית.

5. רשתות הם כיום חלק חשוב בחיינו - רשתות חברתיות, רשתות נירונים, רשתות אינטראקציה בין מולקולות ביולוגיות ועוד. בפרויקט זה נבצע ניתוח תיאורטי ונומרי של מבנה רשתות, דרך עבודה על רשתות אקראיות ו/או אמפיריות בעלות תכונות שונות, ובפרט נתמקד בהתפלגות המרחקים. פרויקט זה יבוצע בהנחיה משותפת עם פרופ' עופר ביהם.

6. מטריצות אקראיות – מטריצות אקראיות משמשות כיום בתחומים רבים ושונים בפיזיקה,

במתמטיקה, בסטטיסטיקה ועוד. למעשה בכל תורה פיזיקלית שמתוארת באמצעות מטריצות ניתן לתהות על משמעות אותה המערכת בנוכחות מטריצות אקראיות. למשל, מסתבר שהאינטראקציה בגרעינים כבדים שמכילים עשרות פרוטונים וניטרונים הינה למעשה מסובכת מאוד. מאידך, בגלל הסיבוך זו למעשה מערכת כאוטית, וניתן לתאר היבטים מסוימים שלה על ידי החלפה של האינטראקציות המדויקות שקשות לחישוב בקבועי צימוד אקראיים. בפיזיקה סטטיסטית ישנן טכניקות מגוונות לטיפול במטריצות כאלה – כגון העתקה למערכת של גז טעון, רפליקות ועוד. מהפרויקט יציע הזדמנות להתנסות בגישה זו לנושא תוך שילוב של טכניקות אנליטיות ונומריות.

7. טכניקות קירוב מתקדמות - במערכות לא לינאריות רבות לא ניתן לכתוב פתרון מדויק למשוואות שמתארות את המערכת. למעשה רב הבעיות המעניינות בפיזיקה שייכות למחלקה זו. במקרים כאלה טכניקות קירוב הן דרך חיונית להתקדמות (לצד פתרונות נומריים ותוצאות ניסיוניות). טכניקות הקירוב הפשוטות שנלמדות בדרך כלל והמכונות "הפרעתיות" (Perturbative) הינן בעלות טווח פעולה מוגבל והצורך בטכניקות מתקדמות נותר על כנו. בפרויקט זה נסקור את שיטת "הפיתוח העקבי ביחס לעצמו" (The Self-Consistent Expansion) שהייתי שותף בפיתוחה, ובבדוק מערכות פשוטות ומורכבות שניתן להכיל אותה עליהן. העבודה תהיה בעיקרה אנליטית עם היבטים נומריים.

פרופ' דרור אורגד

1. Structure of vortices in unconventional superconductors - Motivated by the recent discovery of a new family of Chromium based superconductors, we would like to consider a model of such a system. In particular we are interested to calculate the properties of its vortices - the current loops that appear when the system is subjected to a magnetic field. The project will expose the student to the phenomenon of superconductivity and its theoretical description. It involves both analytical and numerical aspects.

2. Superconductivity in inhomogeneous systems - There are many instances where the superconducting properties of a systems vary on a microscopic scale. Examples include granular superconductors, highly disordered systems and high-temperature superconductors. We are interested to study a model of such systems using a numerical tool called Monte Carlo mean-field. The project will expose the student to the phenomenon of superconductivity, its theoretical description and to the above mentioned numerical technique.

פרופ' עודד מילוא

1. על-מוליכות עם פרמטר סדר לא קונבנציונלי. מדידות טרנספורט וספקטרוסקופיית מנהור בעזרת STM.
2. מצבים אלקטרוניים דיסקרטיים בנו-חלקיקים של מוליכים למחזה מדידות AFM וספקטרוסקופיית מנהור בעזרת STM.
3. חקר שכבות דקות של חומרים המשמשים קולטים בתאים סולריים. מדידות טרנספורט, AFM, וספקטרוסקופיית מנהור בעזרת STM.

פרופ' ברק קול

* סימטריות של אינטגרלי פיינמן - דיאגרמות פיינמן הן הליבה החשובית של תורת החלקיקים. בשנים האחרונות פותחה בקבוצה שיטה חדשה לחישובן החושפת גאומטריה חדשה בבסיסן, ראו <https://arxiv.org/abs/1507.01359>

הפרויקט יכלול לימוד של השיטה ומושגים נלווים כולל דיאגרמת פיינמן וחברת לי, והפעלה של השיטה על דיאגרמה מסוימת לשם פיתוח השיטה והערכה של יכולותיה.

* תורת הכבידה של איינשטיין בעידן גלאי הכבידה לייגו - אפשרות אחת לפרוייקט היא פיתוח סימולציה ממוחשבת לתנועה של חור שחור כוכבי סביב חור שחור סופר-מסיבי (היינו תנועה ביחס מסות גדול) כולל השפעתו של הכח העצמי. הפרוייקט כולל לימוד של יסודותיה של תורת הכבידה של איינשטיין, חישוב מסלולים (גאודזות) והגדרת הכח העצמי וכן פיתוחה של שיטה נומרית חדשה לחישוב הכח העצמי המבוססת על <https://arxiv.org/abs/1307.4064>

פרופ' צבי פירן

- 1) גלי כבידה
- 2) התמזגויות והתנגשויות של חורים שחורים וכוכבי נייטרונים
- 3) הבזקי קרינת גאמה
- 4) חורים שחורים
- 5) בליעת כוכבים על ידי חורים שחורים ענקיים
- 6) נושאים אחרים שונים באסטרופיסיקה עם דגש אל אסטרופיסיקה יחסותית

ד"ר שמוליק בלברג

מודלים עיוניים ונומריים של תופעות חולפות (transients) באסטרופיסיקה, ובפרט סופרנובות. תופעות אלו נובעות, בדרך כלל, מתהליכים פיסיקליים המתרחשים בכוכבים מאסיביים או בעצמים קומפקטיים (כמו ננסים לבנים וכוכבי נייטרונים), הגורמים לשחרור כמות גדולה של אנרגיה תוך זמן קצר. כתוצאה מכך, המערכת פולטת קרינה אלקטרומגנטית בהספק גבוה, הניתן למדידה על כדור הארץ. המחקר מתמקד בתאור התופעות החולפות עצמן, ובדליפת הקרינה האלקטרומגנטית מהן.

הצעה לפרוייקט שנה ג': פתרונות דמיוניים של משוואת הדיפוזיה (הפרוייקט כולל ניתוח עיוני ועבודה נומרית).

Theoretical and numerical models of astrophysical transient phenomena, notably supernovae. Typically, these phenomena occur due to physical processes in massive stars or compact objects (such as white dwarfs and neutron stars), which cause the release of large amounts of energy over a short time interval. As a result, the system emits electromagnetic radiation at a high luminosity for a brief period, which can be detected on Earth. The research focuses on modeling the transient phenomena and the resulting luminosity.

Suggested senior project: Self-similar solutions of the diffusion equation (including both analytical and numerical modeling).

פרופ' אבישי דקל

בקבוצת הקוסמולוגיה, בראשותו של פרופ' אבישי דקל, מוצעים פרויקטי מחקר בחזית המחקר בתחום היווצרות גלקסיות, חורים שחורים ענקיים, והמבנה ביקום. המחקר מתבסס על שילוב של סימולציות מחשב קוסמולוגיות מתקדמות ומודלים אנליטיים.

ד"ר אסף חרש

קבוצת המחקר שלי עוסקת בחקר פיצוצים קוסמיים באמצעות תצפיות אסטרונומיות באורכי גל שונים, ובעיקר בשימוש בטלסקופי רדיו.

קרינת רדיו מספקת מידע ייחודי על ארועים אלא. בסוגים שונים של ארועים קטקליזמיים מועף חומר במהירויות גבוהות. חומר זה עובר אינטראקציה עם הסביבה ויוצר גלי הלם.

בגלי ההלם מואצים אלקטרונים למהירויות יחסותיות ונוצרים שדות מגנטיים, מה שמוביל ליצירת קרינת סנכרוטרון, וזוהי קרינת הרדיו שאנו רואים.

חקר קרינה זו מסייע לנו לענות על שאלות רבות כגון: מה המהירות והאנרגיה של החומר שהועף בפיצוץ, האם נוצרו סילוניים יחסותיים, מה צפיפות החומר בסביבה ועוד.

התשובות לשאלות אלו מאפשרות לנו ללמוד שאלות רחבות יותר. במקרה של סופרנובות שאלות המחקר עוסקות במה סוג הכוכב שהתפוצץ כסופרנובה, ומה היו התהליכים האבולוציוניים שעבר הכוכב לפני מותו. במקרה של ארועים בהם אנו מזהים כוכבים הנקרעים על ידי כוחות גאות שמופעלים עליהם על ידי חורים שחורים סופר מאסיביים במרכזי גלקסיות, אנו מנסים להבין את הפיזיקה של ארועים אלו ובאופן עקיף גם יכולים למפות את החומר בסביבה של חורים שחורים אלו בגלקסיות רחוקות (מה שלא מתאפשר בטכניקות אחרות). ולסיום, רק לאחרונה התגלו בפעם הראשונה גלי כבידה ממיזוג של שני כוכבי ניוטרונים. וכן לראשונה התגלתה חתימה אלקטרומגנטית מאירוע מסוג זה. קבוצת המחקר שלי היא שותפה פעילה בקבוצה בינלאומית המובילה את חקר קרינת הרדיו מאירועים אלו ואכן הקבוצה שלנו הייתה אחראית לגילוי הראשון שלי קרינה מסוג זה.

סטודנטים לתואר ראשון (בכל השנים) המעוניינים להצטרף לקבוצת המחקר מוזמנים לפנות לד"ר אסף חרש באימייל: assafh@mail.huji.ac.il

סטודנטים שיצטרפו לקבוצת המחקר צפויים להיות שותפים למחקר, ויפתחו מיומנויות ניסיוניות בתחום, כגון איך מבצעים תצפיות, איך מנתחים נתונים מטלסקופים שונים, איך מתאימים מודלים לנתונים ועוד.

פרופ' רונן רפפורט

Our research focuses on the following problems and challenges, where we have experimental and theory projects for undergraduate students:

- Harvesting quantum light: how light and nano-matter interact on the quantum level, and can we use it for making ultrafast single photon sources and nano-optical devices for quantum information?
- Light-induced ultra-cold quantum condensates on a chip: how can we turn light (photons) into artificial quantum matter (Bose-Einstein condensates) inside semiconductor nano-structures?
- Mixing light and matter for future quantum opto-electronics: how to make new quasi-particles which are half-light half-matter?
- Applied optics: developing new concepts in optical-probes of material properties with high resolution for industrial and scientific applications

Our state-of-the-art experimental tools include ultrafast optical imaging and spectroscopy, quantum optical measurement techniques, nano-fabrication, and low temperature optics, and whiskey.

Theoretical tools include quantum many-body models, numerical tools for light-matter coupling in nano-structures, advanced simulations of system dynamics, and lots of black coffee.

פרופ' אלכס רצקר

- 1) Theoretical methods of Quantum Sensing.
- 2) Theory for Quantum Computing.
- 3) Theory for Atomic Clocks.

ד"ר הדר שטיינברג

Our group utilizes a novel method to fabricate devices consisting of atomically thin materials. For example, we can stack an insulator on top of a superconductor, and form a high quality tunneling device. In such devices, electrons which tunnel through the insulating barrier effectively carry out a spectroscopic measurement of the superconductor. Our devices yield spectra of very fine energy resolution, and can be used to investigate various aspects of superconductivity which have not been addressable to date.

1. השפעת אי סדר ואי לינאריות על מבדדים טופולוגיים מכניים

Effects of disorder and non-linearities on mechanical topological insulators

Mechanical topological insulators are two dimensional arrays of coupled Harmonic oscillators which exhibit robust whispering gallery modes. The latter are oscillatory modes which are spatially confined to the edge of the array and show a remarkable robustness to various linear perturbation. When non-linear perturbations are introduced their fate is less clear. In this project we will simulate a mechanical topological insulator, examine the effect of non-linearities, and attempt to explain some of the phenomena we encounter.

2. דרגות חופש רלוונטיות בבעיות רב-גופיות בראי תורת האינפורמציה

Relevant degrees of freedom in many-body problems from an information theory perspective

When tackling complex problems involving many interacting particles, identifying the relevant degrees of freedom--- those governing the long distance behavior, is a crucial first step. Having access to those degrees of freedom often simplifies the problem considerably. For instance when describing an Avogadro number particles in a liquid phase, the relevant DOFs are the density and velocity profiles which yield a concise description of waves, vortices, and flows. Typically such DOFs are identified manually using hard theoretical, experimental, and numerical work. However recently a proposal has been made, inspired by advances in deep learning, that the identification of relevant degrees of freedom can be done automatically using simple information theory measures. In this project we will implement this proposal using a Monte Carlo algorithm and critically test it on the one dimensional Ising model.

3. קירובי שדה-ממוצע לרשתות נוירונים קונבולוציוניות עמוקות בעלות נקודת שבת אחת.

Mean-field treatment of deep convolutional neural networks with a single fixed-point

Deep convolutional neural networks are one of the main information processing platforms driving the recent breakthroughs in machine learning. Technically they consist of a sequence of local non-linear transformation acting a discrete input such as an image. Depending on the specific non-linear transformations involved, they can perform a variety of complex computational tasks. In this project we will simulate such networks, calculate their statistical properties with respect to a random distribution of inputs, and attempt to explain these findings quantitatively using mean-field approximations.

לשני הפרויקטים האחרונים נדרשת יכולת תכנות טובה

פרופ' אמיר סער

פיתוח חיישנים ביו-פוטונים המאפשרים לכידה חשמלית של חיידקים, סלקטיביות (זיהוי כימי של סוג החיידק) ומדידה כמותית של מספר החיידקים. לפרויקט משמעויות ישומיות בתחום תעשיית המזון והרפואה.

פיתוח, איפיון ושילוב של טכניקות הדפסה מבוססות לייזר של מוליכים למחצה בכלל ותאים פוטוולטאים (תאים סולרים) בפרט.

פיתוח של התקני דיודות פולטות אור המבוססות על ננו-סיליקון נקבובי.

פרופ' עמרי גת

1. Chaos in driven microresonators: Laser-driven high Q dielectric microresonators are a promising new platform to generate frequency combs. The invention of frequency combs — large sets of equally spaced spectral lines — revolutionized metrology and was awarded by the 2005 Nobel prize. The goal of the project is to study the transition to chaos in the resonator electromagnetic field above the driving intensity threshold, and to characterize the chaotic dynamics of the field. (Optics, Nonlinear Physics)

2. Topological quantum numbers in complex systems: Topological states of matter have physical properties, like the quantum Hall conductance and edge currents, that are resilient to perturbations and disorder, and make them a promising platform for quantum information processing. The goal of this project is to calculate the probability distribution of topological quantum numbers systems whose Hamiltonians are random matrices, which serve as a surrogate for complex quantum systems. (Mathematical Physics, Condensed Matter Physics)

3. Semiclassical tunneling: When quantum numbers are large, the scattering of wave packets is well described by classical mechanics except when the energy is very close to the threshold of reflection. The goal of the project is to calculate the scattering phase beyond the leading order using quantum phase space methods. (Quantum physics, Mathematical physics)

ד"ר יונית הוכברג

ד"ר אריק קופליק

Research in high energy phenomenology at the Racah Institute aims to address fundamental questions left unanswered by the Standard Model of particle physics: What are the dark matter particles of the Universe? Why does our world consist almost entirely of matter and not of anti-matter? Why is the mass of the weak force carriers so much smaller than the scale of gravity? These are several of many indications that there must be new physics beyond the Standard Model. The Large Hadron Collider (LHC), operating at record-breaking energies, together with a host of astroparticle observatories, will teach us much in this regard. Our research focuses on the phenomenology of such new particles and interactions, with particular emphasis on novel theoretical ideas and experimental signals at the LHC and other experiments. We study new ideas for the exploration of dark matter, proposing new theories of its particle identity, as well as novel experimental avenues to detect it on earth. Furthermore, we are extensively interested in non-standard theories of new physics and in the identification of exotic experimental signatures that have been overlooked, towards the goal of identifying the fundamental constituents of Nature.

ד"ר ירון ברומברג

מה קורה לפוטונים שזורים המתפזרים במערכות לא מסודרות?

כיצד נוכל להשתמש בפיזור של פוטונים במערכות מרוכבות על מנת להצפין מידע?

כיצד ניתן לראות דרך תווך עכור?

כיצד נוכל לשלוט ולהעביר כמות גדולה יותר של מידע על גבי סיב אופטי?

במסגרת פרויקטי מחקר לתלמידים בשנים ב' וג' ללימודי תואר ראשון, תוכלו להשתלב במאמץ הניסיוני שלנו לענות על שאלות אלו ועל רבות נוספות, ואף להציע שאלות משלכם. במהלך הפרוייקט תלמדו לתכנן, לבנות ולתפעל מערכות אופטיות מתקדמות, תרכשו מיומנויות לביצוע מחקר עצמי ותגלו, אני מקווה, את הכיף שבביצוע מחקר חדשני ומעניין.

פרופ' אלדד בטלהיים

שיטות מתמטיות מתורת הסתברות, תורת הגרפים וקומנבינטוריקה בפיסיקה של מעברי פאזה.

סימטריה קונפורמית ותורת שדות קונפורמית. בעיות אינטגרביליות קוונטיות בפיסיקה של מצב מוצק.

שיטת רימן הילברט והשימוש שלה בבעיות אינטגרביליות קלאסיות וקוונטיות.

פרופ' מיכאל פאול

1. Commissioning of a fission-product detector

The student will make a series of tests of a detector for fission products based on a twin ionization chamber. The detector was built at the Racah Institute Fine-Mechanics shop and

preliminary test were successful. The student will need authorization to work with radioactive calibration sources.

2. Optimization of a Neutron Capture Radiotherapy setup

The aim of the project (Nuclear Medicine) is the optimization of a new radiotherapy setup based on capture of neutrons (Boron Neutron Capture Therapy).

ד"ר ניר בר גיל

. Spin manipulation and detection in an integrated graphene-NV device (together with Hadar Steinberg):

Interactions between electron spins are fundamentally important in nanometric-scale magnetism and in the formation of ordered quantum phases. These concepts, specifically in the context of low-temperature quantum interactions of isolated spins with exotic magnetic materials such as graphene, could have great impact on the fields of nanotechnology and spintronics, forming the basis for spintronic devices and quantum computers. The motivation of the proposed research is to address open

questions related to magnetic behavior and spin dynamics in graphene embedded in devices. The project is based on developing a new paradigm of a device-integrated magnetometer, which incorporates the sample of interest (graphene) with a diamond-based magnetic sensor and spin source based on Nitrogen-Vacancy (NV) color centers.

2. Enhanced sensing and control in dissipative quantum systems:

This project aims to develop a new paradigm for sensing and control in dissipative quantum systems, based on nitrogen-vacancy (NV) spin defects in diamond. We will develop novel schemes for diamond-based sensing and control using the exceptional point analysis of this dissipative driven 3-level quantum system, resulting in potentially enhanced sensing and robust control. This project focuses on the approach which considers the non-Hermitian evolution of an open quantum system, taking into account driving and dissipation, as opposed to attempting to fight these effects (which usually manifest as decoherence).

ד"ר מיקי (מיכאל) אסף

Statistical mechanics far from equilibrium, stochastic population dynamics, large deviation theory, gene regulatory networks, evolutionary game theory, statistical physics on networks

ד"ר עמרי ונדל

[Quasars and Active Galaxies](#)

[Massive black holes](#)

[Astrobiology](#)

[Discovery and habitability of exoplanets](#)

ד"ר שניר גזית

Frustrated magnets on the Lefschetz Thimble.

The exponential growth of the many-body Hilbert space with system size, typically, precludes brute force summation over all quantum states. The premise of Monte Carlo methods is that by leveraging stochastic sampling of quantum trajectories, the exponential computational complexity of the problem can be reduced down to polynomial scaling.

Since quantum mechanics allows for negative (or even complex) transition amplitudes, contributions arising from different quantum trajectories, which are 'out of phase,' can interfere destructively. In such cases, one can no longer interpret the transition amplitude as a strictly non-negative distribution function, and consequently standard Monte Carlo methods are rendered uncontrolled with statistical errors that overwhelm the signal. This obstruction is commonly known as the numerical sign problem and is a key open challenge in modern condensed matter theory.

Frustrated magnets are a prime example of quantum systems that are plagued by the numerical sign problem. Beyond the computational challenge, such systems have attracted much interest since they can host exotic phases of matter, known as spin liquids, which do not 'freeze' even at zero temperature.

Lefschetz Thimble integration is a novel method for tackling the numerical sign problem. The basic idea is that by deforming the integration manifold into the complex plane, one can drastically reduce the severity of the sign problem and allow for a stable Monte Carlo integration.

The project will involve characterizing the behavior of a toy model of quantum frustration defined on the Lefschetz Thimble manifold and carrying out a numerical Monte Carlo integration. I am looking for highly motivated students with strong background in quantum mechanics, complex analysis, and differential equations. Coding skills are an advantage but not a prerequisite.