



נושאים נבחרים בטכנולוגיות קוונטיות: מדידות רגישות, חישוב ותקשורת

פרטי מרצה

שם: עופר כפיר

חדר: חשמל מעבדות, חדר 126

טלפון: 03-640-5905

שעות קבלה: רביעי 16:00-17:00, בזום ([לינק](#)).

דואר אלקטרוני: kfir@tauex.tau.ac.il

תיאור כללי של הקורס

הקורס יעסוק בתופעות קוונטיות שימושיות, ומיועד להעניק לסטודנטים ידע בסיסי בנושא, וכן פלטפורמה לדון בנושאים קשורים, ובהשלכותיהם. חלקו העיקרי דן בתופעות הקוונטיות עצמן ובמכרכות הפיסיקליות בהן הן ממומשות. שימושים כגון הצפנה וחישוב נידונים לשם הדגמה על הקשר למכרכות הפיסיקליות וכדי להבין מהם הגורמים המגבילים אותם. הקורס בא לתת רקע ראשוני לסטודנטים, ולחבר אותם לתחום הטכנולוגיות הקוונטיות, שמעורר עניין עולמי ומקומי רב. מטרתו העיקרית היא לצייד את הסטודנט. ית בידע, בהבנה ובאינטואיציה הבסיסיים שיאפשרו לו. להתפתח בתחום זה בכיוונים המגוונים בו.

קורסי קדם

0512.2830 פיזיקה קוונטית ומצב מוצק או קורס שקול.

מומלץ לקחת את הקורס אלקטרוניקה קוונטית 0510.5004, אך זו אינה דרישת חובה.

מדיניות ודרישות הקורס

הקורס יהיה מורכב מהרצאות פרונטליות ויכלול מספר מצומצם של מטלות בית, לחיזוק ההבנה. כדי לאפשר הרחבה עצמאית למעוניינים, הקורס ייצמד ככל שניתן לספרים הרלוונטים.

מרכיבי הציון

מרכיב	אחוז מהציון
בחינה	80%
מטלות בית	20%
סה"כ	100%

ספרות הקורס וביבליוגרפיה

Marlan O. Scully, M. Suhail Zubairy "Quantum Optics"

Michael A. Nielsen & Isaac L. Chuang "Quantum Computation and Quantum Information"

מאמרים רלוונטים ינתנו במשך הקורס.

תוכנית הקורס לפי שבועות:

שבוע	נושא
1-3	קוונטיזציה של שדה אל"מ ומצבים גאוסייניים
4-5	מדידות ורעש קוונטי
6-7	מעגלים חשמליים קוונטיים
8-9	מבוא לשזירות
10-11	צימוד אלקטרון יחיד ופוטון יחיד
12-13	מערכות פיסיקליות שזורות דימות קוונטי



סילבוס מפורט

קוונטיזציה של קרינה א"מ

משוואות מקסוול, אופן יחיד במהוד כאוסצילטור הרמוני קוונטי, שדה חשמלי, מגנטי ואנרגיה של אופן יחיד, מצב הוואקום, מצבי Fock. מערכות פסיקליות למימוש של מצבי Fock.

מצבים גאוסיינים

דחיסה קלאסית, מצבים קוהרנטיים וקירוב השדה הקלאסי, וואקום דחוס, ומצבים דחוסים Squeezed states. אופני מימוש מצבים דחוסים באופטיקה לא-לינארית.

מדידות ורעש קוונטי

אי-וודאות של מצבים קוהרנטיים, מפצל קרניים Beamsplitter, נטרול רעש עודף במדידות Homodyne/Heterodyne.

בחירה מאוחרת (Post-selection), מדידות חלשות Weak Measurements. אובדנים, Decoherence, ומערכות קוונטיות פתוחות. אפקט פרסל, inhibited Purcell effect.

מעגלים חשמליים קוונטיים. רכיבים קוונטים: נגד, קבל, משרן. היכרות עם צומת ג'וזפסון במוליכי על, קיוביטים מתצורת טרנזמונים ופלקסונים.

מבוא לשזירות

שזירות קלאסית ושזירות קוונטית, שזירות הנובעת מחוקי שימור, שזירות הנובעת מריבוי מסלולים. מוטיביציה לשזירות - שימוש כמשאב במערכות כמו חלוקת מפתח הצפנה, חישוב קוונטי, זיכוך אות קוונטי.

בחלק זה גם נדון בתרומת הבנת תופעת השזירות להבנת מדידה קוונטית, משמעותה של קריסת פונקציית הגל, והחתול של שרדינגר.

צימוד אלקטרון יחיד ופוטון יחיד

מדידות באמצעות אלקטרונים כחלקיקים נקודתיים (EELS, Cathodoluminescence, Auger), פונקציית גל של אלקטרון חופשי, מיקרוסקופיה באמצעות אלקטרונים, אינטראקציית שדה קלאסי עם אלקטרון (PINEM, Zernike holography), מודל צימוד קוונטי (הומצא ב-2019, לא היסטוריה עתיקה), איחוד EELS-PINEM, שזירות בין אלקטרון חופשי לפוטון יחיד ולפוטונים מרובים.

אם יהיה זמן:

מערכות פיזיקליות שזורות

דוגמאות למערכות שזורות באופטיקה לא לינארית (PDC), אינטרפרומטר, שזירות ב Dual-rail, Optical cluster-states, ואם יהיה זמן, נדון בשזירות במוליכי על Superconducting qubits.

דימות קוונטי מבוסס שזירות

Ghost imaging ודימות בתת-אורך-גל, דימות ללא shot-noise.