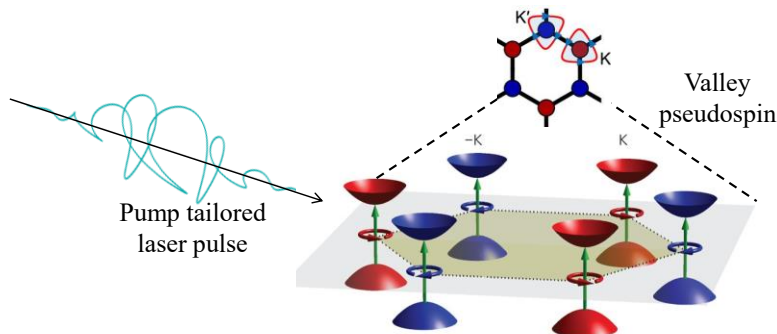


הצעות לפרויקט תאורטי בקבוצת המחקר של פרופ' משנה עופר נויפלד (אפשרי לסטודנטים בפקולטות: כימיה, פיזיקה, חומרים, חשמל):

1. שליטה אופטית על valleytronics בחומרים הקסגונליים דו-ממדיים



לחומרים הקסגונליים דו-ממדיים ישנה דרגת חופש ייחודית הקשורה למבנה הפסים סביב העמקים (valleys) בנקודות K ו- K' באזור הברילואן שלהם. האופי המקומי של הפונקציות גל בנקודות K/K' מכיל עקמומיות ברי (Berry curvature) שונה מאפס המייצרת תגובה סלקטיבית לאור מקוטב מעגלית, ומאפשרת קיום מצבי פסאודו-ספין המדמים מערכת שתי רמות נקיה. בשנים האחרונות הפסאודו-ספין נחקר

בתור מערכת אלטרנטיבית לחישובים קוונטיים ואכסון מידע, במיוחד על ידי שליטה אופטית מהירה. לרוב שליטה כזו אפשרית רק על ידי אור מקוטב מעגלית שמכוון לתדר הרזוננס במבנה בפסים. אנחנו חוקרים שימוש בשדות לייזר מורכבים המכילים מספר רב של תדרים ויכולים לייצר שליטה מוגברת על אכלוסי הפסאודו-ספין, אפילו בתדרים רחוקים מרזוננס, ובקצבי זמן מהירים במיוחד ([2407.17917:arXiv](https://arxiv.org/abs/2407.17917)). בנוסף, אנו חוקרים את השאלה של כיצד ניתן לקרוא את הפסאודו-ספין בצורה יעילה ומהירה על ידי שדות אלקטרומגנטיים.

הפרויקט הנ"ל עוסק במציאת השדה האופטימלי על מנת לייצר אכלוס אופטימלי סביב נקודות K בלבד, ללא אקסטיזיה ב- K' , ובחקירת השפעת מספר רב של דרגות חופש על דינמיקה מהירה של אלקטרונים באזור ברילואן של חומרים דו-ממדיים הקסגונליים. הסטודנט/ית ישתמשו בתוכנות מחשב מתקדמות בחישובים מקביליים על מנת לחקור תגובה זו מעקרונות ראשוניים במערכות אמיתיות כמו hexagonal boron nitride ו-graphene, וגם על ידי פיתוח מודלים פשוטים בדו-ממד (כמו למשל כאן - [JPCL 14, 11298 \(2023\)](https://doi.org/10.1038/s41467-023-41298-2)). הפרויקט מתאים במיוחד לסטודנטים/יות האוהבים נומריקה ותאוריה, ובעלי ידע בחומרים/מצב-מוצק/לייזרים.

2. יצירת זרמי ספין ותגובות מגנטיות אולטרה-מהירות בחומרים הקסגונליים דו-ממדיים

בשנים האחרונות הראו שמגנטיות ניתנת לשליטה על ידי שדות לייזר חזקים שיכולים לעשות דה-מגנטיזציה או להפוך את כיוון המגנטיזציה לחומרים בצורה מהירה מאוד, עד סקלות של זמנים של כמה פמטו-שניות (10^{-15} שניות). אנחנו לאחרונה הראנו שתגובות מגנטיות אפילו מהירות יותר צריכות להיות אפשריות, עד סקלות של כמה מאות אטו-שניות (10^{-18} שניות), [npj, 9, 39 \(2023\) Comp. Mat.](https://doi.org/10.1038/s41467-023-41298-2) אפיק מחקר פעיל אצלנו בקבוצה הוא חקר של תגובות מגנטיות מהירות בחומרים הנוצרות על ידי פולסי לייזר קצרים וחזקים ופיתוח שיטות חדשות למדידה של מגנטיות מהירה. תחום מחקר קשור הינו יצירה של זרמי ספין סלקטיביים הנשלטים על ידי אור. כלומר, על ידי אינטראקציה עם שדה לייזר ניתן לייצר פוטו-זרמים בחומרים שנושאים עודף של אלקטרונים עם ספין מסוים על פני השני. זרמים אלו שימושיים במיוחד ביישומים אלקטרוניים ויכולים לשמש לפיתוח של אלקטרוניקה מהירה.

הפרויקט הנ"ל ינסה לחבר בין שני תחומי המחקר הללו ולקשר בין תופעות מגנטיות הנגרמות על ידי אור לבין זרמי ספין בחומרים דו-ממדיים. הסטודנט/ית יפתחו מודל צימוד חזק למערכת דו-ממדית עם אינטראקציית ספין-מסילה וירחיבו תוכנת מחשב קיימת על מנת לפתור משוואת שרדינגר של מערכת זו המוקרנת על ידי שדות לייזר, ולמדל התפתחות של תגובה מגנטית בהם זרמי ספין. סימולציות אלו יוכלו להוות בסיס לסימולציות מתקדמות יותר המבוססות על תיאורית פונקציונל הצפיפות תלוי בזמן (TDDFT).