

0582 - תוכנית לימודים "חומרים וננו-טכנולוגיות"

ראש התוכנית: פרופ' נעם אליעז

חברי סגל התוכנית בפקולטה להנדסה - תחום פעילות

בית הספר להנדסת חשמל

ד"ר אלכסנדרה אינברג (עמית מחקר)¹

פרופ' ראובן בוקסמן -

פיתוח ציפויים ושכבות דקות: (שקופיים – מוליכיים, קשים וכו'). פיתוח תהליכי ציפוי וייצור שכבות דקות בעזרת התפרקות חשמליות ופלסמה; האפקט של הזרקת זרם חשמלי רוחבי על תכונות חומרים; ייצור נאנו-מבנים בעזרת התפרקות חשמלית.

ד"ר יצחק בייליס (עמית מחקר)² -

קשתות ריק בעלות אנודה חמה רפרקטורית כשיטה לציפוי שכבות דקות מתכתיות.

פרופ' אליהו גרבי -

אינטראקציה של קרינת מיקרו-גל רבת עוצמה עם חומר.

פרופ' אמריטוס אנריקה גרינבאום -

חקר מבנה ותופעות גידול, מיקרוסקופיה ודיפרקציית אלקטרונים של שכבות דקות ופני-שטח של מוצקים, תאים סולריים מסיליקון, גרמניום וגליום ארסניד חד-גבישיים, קולטים סולריים לטמפי גבוהות.

ד"ר ולדימיר ז'יטומירסקי (עמית מחקר)³ -

פיתוח של ציפויים ניטרידיים ותחמוצות מרוכבים קשים המצופים בפלסמת קשת ריק; תהליך ציפוי בקשת ריק: תנועת אלומת פלסמה לכיוון מצע במעבד פלסמה מגנטי; ציפוי פחמן ודימוי יהלום על ידי קשת ריק.

פרופ' יעל חנין -

שיטות מיקרו-ייצור ומערכות ננו עבור מגוון יישומים, בעיקר ביולוגים. מולקולות צינוריות עשויות מפחמן (Nanotubes). שיטות של מזעור ועיצוב פולימרים לארגון תאים וחלבונים ליישומם מגוונים כגון אלמנטים למיקרו-תעלות, שליטה באלמנטים ביולוגים ומחקר בסיסי בהבנת חשיבות האופי הפולימרי של תאים ביולוגים.

ד"ר יוסי לריאה -

ד"ר נחום פרקנסקי (עמית מחקר)⁴ -

השפעה של שדה חשמלי בזמן עיבוד חומרים על תכונות החומרים ובפרט בטיפול תרמי בשכבות דקות; עיבוד פני שטח על ידי התפרקות חשמליות באוויר כשיטה לשיפור תכונות פני השטח: א. הכנת פני השטח לקליטת חלקיקי nanofullerenes לצורך הקטנת חיכוך. ב. ייצור nanotubes בפחמן. ג. עיבוד מקדים לצורך הדבקה.

פרופ' מנחם נתן -

חומרים אלקטרוניים – טכנולוגיית סיליקון; אמינות שכבות דקות; אלקטרומיגרציה; מידול תופעות בגבולות גרעיניים; חומרים ותהליכים לבין סנסורים.

פרופ' אריה רוזין -

חקר מלכודות, נזקי קרינה והשתלה במוליכים למחצה באמצעות סימולציות וניסויים; חקר פני שטח באמצעות מדידות מבוססות על AFM.

פרופ' יוסף רוזנוקס -

אפיון ננומטרי של חומרים והתקנים אלקטרוניים: מיקרוסקופית כח אטומי, מיקרוסקופית כח אלקטרוסטטית, מדידת פגמים חשמליים תת-מיקרוניים בדיודות, טרנזיסטורים והתקנים פולטי אור. דינמיקה של נושאי מטען במוליכים למחצה: זמני חיים, תהליכי התאחדות, משטחי ביניים בין מוליכים למחצה לחומרים אורגניים נושאי מטען במבנים קוונטים, מעבר מטען במשטחי ביניים של מוליכים למחצה; תאי שמש.

פרופ' גיל רוזנמן -

חומרים מבודדים אי-ליניאריים. חומרים פרואלקטריים. תכונות פיזיקליות של חומרים פרואלקטריים עם מוליכות סופריונית. מעברי פזה בחומרים עם מוליכות סופריונית; תופעת היפוך הקוטביות בחומרים פרואלקטריים עם מוליכות סופריונית. מחקר ופיתוח של מבנים מחזוריים בחומרים פרואלקטריים לשימוש באופטיקה אי-ליניארית עבור דור החדש של לייזרים בתחום נראה ואינפראדום; פליטה אלקטרונית מחומרים פרואלקטריים. פיתוח של הדור החדש של קטודות פרואלקטריות עם צפיפות גבוהה לשפופרות מקרוגלים.

פרופ' שלמה רושין -

שינוי תכונות אופטיות של זכוכיות ע"י הקרנת UV; תהליכים מתקדמים ליצירת מנחי גל אופטיים בגבישים וזכוכיות.

ד"ר יעקב שויער -

ננו-פוטוניקה, פולימרים אופטיים, חיישנים אופטיים ביולוגיים/כימיים, מוליכי גל ורזונטורים על בסיס גבישים פוטוניים וגבישי בראג.

פרופ' יוסף שחם -

חומרים ותהליכים של חיבורי ביניים עבור מעגלים משולבים בטכנולוגיות VLSI; תכונות חומרים של שכבות מוליכים דקות המשוקעות בשיטות אלקטרוליטיות; מבנים מוליכים רב שכבתיים עבור VLSI המשוקעים בטכניקות אלקטרוכימיות; שכבות דקות עם סידור עצמי עבור מיקרואלקטרוניקה ומקרו מכאניקה; תכונות שכבות דקות של חומרים פרומגנטיים המשוקעים בשיטות אלקטרוכימיות עבור מערכות הנע ממוזערות; מבנים מיקרו-אלקטרו-מכנים לאפיון תכונות חומרים.

ביה"ס להנדסה מכנית

פרופ' נעם אליעז -

ביו-חומרים; ביו-פרוגרפיה; קורוזיה; תהליכים אלקטרוכימיים; חקר כשל.

ד"ר דנה אשכנזי

פרופ' לזלי בנקס-סילס -

שתלים רפואיים; מכניקת שבר; סדקים במשטחי ביניים; MEMS; אנליזות של חריצים בחומר פיזו-אלקטרי.

פרופ' אילן גולדפרב -

חקר פני שטח; יציבות מורפולוגית של ננו-מבנים; טכנולוגיות MEMS.

ד"ר אניטה וקסמן (מורה מן החוץ)

פרופ' ראמי חג' -עלי -

התנהגות לא לינארית של חומרים מרוכבים. מודלים וסימולציות רבי-סקאלות של התנהגות החומר והמבנה. אפיון מכני של חומרים מרוכבים ורקמות גמישות. כשל ונזק של חומרים.

פרופ' הרצל חי -

חומרים מרוכבים; שכבות דקות; אופטו-מכניקה.

פרופ' נחום פרגה (מורה מן החוץ)

ד"ר סלבה קרילוב -

מידול ותכן של מערכות מיקרואלקטרומכניות (MEMS), דינמיקה של חומרים ומבנים.

המחלקה להנדסה ביו-רפואית

פרופ' מיטל זילברמן

ביו-חומרים פולימרים; שתלים רפואיים פולימרים מתכלים ויציבים; השפעת תהליך – מיקרומבנה – תכונות בביו-פולימרים; שחרור מבוקר של תרופות וחלבונים ממטריצות פולימריות מתכלות; הנדסת רקמות.

פרופ' שמואל עינב

חומרים למשתלים עורקים, משתלים במערכת הלב: מסתמי לב, משאבות עזר ללב ולא מלאכותי; גידול תאים על מצעים פולימריים והתאמתם לגוף; חידוש הצמיחה של תאים ורקמות הגוף ע"י חומרים סינטטיים; הנדסת רקמות.

התוכנית להנדסת חומרים וננו-טכנולוגיות

ד"ר חנן גבאי (מורה מן החוץ)

ד"ר אמריטוס איסק גרבר (מורה מן החוץ)

ביה"ס לכימיה

ד"ר מיכאל גוזין
פרופ' חיים דימנט
ד"ר עודד הוד
ד"ר יורם זלצר
פרופ' יורם כהן
פרופ' גיל מרקוביץ
פרופ' אברהם ניצן

ביה"ס לפיזיקה

פרופ' דוד אנדלמן
פרופ' אשל בן יעקב
ד"ר שמשון ברעד
פרופ' אלכסנדר גרבר
ד"ר יורם דגן
פרופ' רון ליפשיץ

מרכז וולפסון לחומרים

ד"ר לריסה בורשטיין
ד"ר זהבה ברקאי

הפקולטה למדעי החיים

פרופ' איתי בנהר
פרופ' אהוד גזית
ד"ר יפתח חמון
ד"ר דן פאר
פרופ' גדעון פלמינגר

הפקולטה לרפואה

פרופ' דפנה בניהו
פרופ' תמר ברוש
פרופ' אילן המל
פרופ' יהונתן ליאור
ד"ר אינה סלוצקי

הפקולטה למדעי הרוח

פרופ' יובל גורן

שם התואר המוענק

מטעם הפקולטה להנדסה: "מוסמך אוניברסיטה בהנדסת חומרים וננו-טכנולוגיות"
(Master of Science in Materials Engineering and Nanotechnologies).

פרופ' פרננדו פטולסקי
פרופ' עמנואל פלד
פרופ' אורי צ' שנובסקי
ד"ר יעל רויכמן
פרופ' (אמריטוס) אליעזר גלעדי
פרופ' (אמריטוס) אורי שמואלי
ד"ר דינה גולודניצקי (עמית מחקר)

פרופ' אלכסנדר פלבסקי
פרופ' יעקב קנטור
פרופ' אברהם קציר
פרופ' דוד ברגמן (אמריטוס)
פרופ' (אמריטוס) גי דויטשר

ד"ר יורי רוזנברג

פרופ' פליקס פרולוב
פרופ' עמיחי פרימן
פרופ' יהודית רשפון
פרופ' אלכסנדר (סשה) קוטלייר

ד"ר רונית סצ'י פאינרו
ד"ר אילן צרפתי
פרופ' רפי קורנשטיין
פרופ' אפרת קסלר
פרופ' (בדימוס) נורית שקלאי

רקע על התוכנית

חקר חומרים הוא, ככל הנראה, התחום המדעי-טכנולוגי הקדום ביותר. השפעת החומרים על התפתחות האדם באה לידי ביטוי בקריאת תקופות שונות בהיסטוריה על-שם החומרים שאפשרו זאת (תקופת האבן, תקופת הנחושת, תקופת הברונזה ותקופת הברזל). פיתוח חומרים חדשים, שיפור תכונותיהם של חומרים קיימים ופיתוח תהליכים חדשים להפקת חומרים, עיבודם וחיבורם הפכו בעשורים האחרונים צוואר בקבוק בפיתוח טכנולוגיות שונות (לדוגמה, מנועי טורבינה לתעופה, מערכות להפקת מזה-אנרגיה, סיבים אופטיים לטלקומוניקציה, רכיבים למיקרו-אלקטרוניקה, וכו'). הצפי הוא, שתפקיד מרכזי זה של תחום החומרים ימשך, תוך השפעה משמעותית על הכלכלה ועל איכות הסביבה. מצד שני, ננו-מדעים וננו-טכנולוגיות אמורים לספק פריצות דרך מדעיות-טכנולוגיות מרכזיות במאה ה-21. חיישנים חדשניים, מערכות דיאגנוסטיות, עיבוד מידע קוונטי ומערכות להעברת תרופות הן מספר דוגמאות בהן חיוני החיבור בין החומרים לטכנולוגיות הננו. הזיקה בין תחומי החומרים והננו היא, לפיכך, טבעית.

צרכי המשק ואפשרויות עבודה

במשק הישראלי קיים כבר היום צורך ממשי בבוגרי תארים מתקדמים בתחומי החומרים והננו. צורך זה צפוי להמשיך לגדול במהרה בשנים הקרובות.

בוגרי התוכנית המוצעת צפויים להשתלב בתפקידי מחקר, פיתוח, ייצור וניהול בתעשיות עתירות ידע, חברות הזנק, תעשיות ייצור, תעשיות ביטחוניות, מרכזי מחקר, גופים ממשלתיים, אקדמיה ועוד.

כדוגמה לחברות בעלות עניין: Elbit, ECI Telecom, AVX, Applied Materials, Israel, Iscar Blades, Intel, Indigo, HP, General Motors, GE Healthcare, Elta, El-Op, Orbotech, NRCN, Motorola, M-Systems, Kulike & Soffa, Aircraft Industries, Vishay, Teva, Tower Semiconductors, Tadiran, Soreq NRC, Scitex, SCD, Rafael וכו'.

אוכלוסיית היעד

התוכנית מיועדת לבוגרי תואר ראשון ותואר שני בהנדסת חומרים, הנדסת חשמל, הנדסת מכונות, הנדסה ביו-רפואית, הנדסה כימית, הנדסה גרעינית, הנדסת ביו-טכנולוגיה, הנדסה אוירונאוטית, כימיה, פיזיקה, ביולוגיה, ביוכימיה, ומדעי הרפואה.

המסגרת הארגונית

התוכנית מנוהלת במשותף ע"י ארבע פקולטות (הנדסה, מדעים מדויקים, מדעי החיים ורפואה) וע"י מרכז הננו.

הוועדה המנהלת של התוכנית - אנשי קשר

- פרופ' נעם אליעז (בי"ס להנדסה מכאנית) – ראש התוכנית.
טלפון: 6407384, פקס: 6407617, neliaz@eng.tau.ac.il
- פרופ' ראובן בוקסמן (בי"ס להנדסת חשמל)
טלפון: 6407364, פקס: 6410189, boxman@eng.tau.ac.il

תמיכה אדמיניסטרטיבית

מזכירת התוכנית: אסתר רובינשטיין, הפקולטה להנדסה. טלפון: 6409915, פקס: 6406062, estherr@tauex.tau.ac.il.

תנאי הקבלה, מלגות והעסקה

תנאי הקבלה של כל סטודנט יקבעו בהתאם למדיניות העדכנית בפקולטה ו/או בבי"ס דרכה/ו הוא נרשם לתוכנית, ובכפוף לתנאי הקבלה האוניברסיטאיים. הוועדה המנהלת של תוכנית חומרים וננו-טכנולוגיות רשאית להחמיר עם הדרישות, אך לא להקל. הדרישות כפופות לתקנון לימודים לתואר שני של הפקולטה להנדסה. התוכנית מיועדת לבוגרי אוניברסיטאות בעלי תואר B.Sc. בכל שטחי ההנדסה. בנוסף, אפשרית קבלת בוגרי אוניברסיטאות במדעים מדויקים (כימיה או פיזיקה), מדעי החיים, רפואה, או בוגרי מכללות (בעלי הכשרה רלבנטית) בעלי תואר B.Sc. או B.Tech. במקרים אלו חלה חובת קורסי השלמה (בד"כ – ארבעה) מתואר ראשון. במקרה זה הקבלה היא ב"מעמד מיוחד". כתנאי למעבר ללימודים "מן המניין", סטודנטים אלה נדרשים להשיג ציון 70 לפחות בכל קורס השלמה, וממוצע של לפחות 80 בקורסי ההשלמה. על התלמיד לסיים את קורסי ההשלמה תוך שנתיים. לצורך זכאות לרישום לתוכנית נדרש ממוצע ציוני תואר ראשון של 80 ומעלה. אולם, סף הקבלה הקובע מוגדר מדי שנה בהתאם להיצע וביקוש, ובד"כ גבוה מ-80; ועדת הקבלה תקבל את המועמדים המתאימים ביותר לתוכנית. במידת הצורך, יבדקו מיקום הסטודנט במדרג במחזור לימודי התואר הראשון במסלול הלימודים שלמד, ו/או ידרש ממנו להמציא מכתבי המלצה המעידים על נסיונו בתחום החומרים ו/או במחקר. סטודנט בזמן מלא, המבקש להיות מועסק באוניברסיטה ולקבל מלגה, חייב להמציא אישור על מיקומו היחסי בכיתה (מדרג).

בפקולטה להנדסה הונהגה מדיניות חריגים, כדלהלן. בהתאם למדיניות זו מבדילים בין שני מקרים: (1) סטודנטים פנימיים, שיקדישו את עיקר זמנם מלא למחקר, יש חבר סגל המבקש להנחותם, והם יהיו במסלול עם עבודת גמר (תיזה). סטודנטים כאלה ניתן יהיה לקבל גם אם הממוצע לתואר ראשון נמוך בעד 4 נקודות מתחת לסף הקבלה העדכני לתוכנית, ובתנאי שלא יהיה נמוך מהמינימום המוגדר ע"י היחידה האקדמית הרלבנטית. (2) סטודנטים חיצוניים, בעלי רקע רלבנטי, העובדים בתעשייה. סטודנטים כאלה ניתן יהיה לקבל, גם אם הממוצע לתואר ראשון נמוך בעד 2 נקודות מתחת לסף הקבלה העדכני לתוכנית, ובתנאי שלא יהיה נמוך מהמינימום המוגדר ע"י היחידה האקדמית הרלבנטית, ובכפוף לנהלים האוניברסיטאיים. במקרה זה לא חלה חובת מסלול עם עבודת גמר. חובה למצוא מנחה קבוע מראש כתנאי לקבלה חריגה בנתיב זה. נציגי הוועדה הרלבנטיים יתחשבו בשיקולים כגון ניסיון מקצועי משמעותי בתחומי החומרים וננו-טכנולוגיות, מדרג, מכתבי המלצה חמים מאנשי מקצוע ברי סמכה (מהאקדמיה ו/או מהתעשייה), וכו'.

בפקולטה להנדסה ניתנת לסטודנט שהות מסוימת לאחר תחילת לימודיו למציאת מנחה.

החלטות בדבר מתן מלגות יעשו ע"י הדקנים וראשי בתי-הספר, וכן ע"י הוועדה המנהלת של מרכז הננו. העסקת סטודנטים פנימיים תאושר ע"י הדקנים וראשי בתי-הספר הרלבנטיים. מתן מלגה לסטודנט בשנתו השנייה מותנית בכך שהוכיח עמידה בסטנדרטים מצופים בשנתו הראשונה (קורסים + מחקר), באישור מנחה והיחידה האקדמית בה הוא לומד.

תלמידי דוקטורט יתקבלו ביחידות האקדמיות הרלבנטיות בכפוף לתקנון האוניברסיטאי לתלמידי מחקר ובהתאם למדיניות הוועדות האוניברסיטאית והיחידתית לתלמידי מחקר. התוכנית המוצעת תספק מאגר נושאי מחקר ומנחים פוטנציאליים בתחומי החומרים והננו לסטודנטים המעוניינים בכך. כמו כן, המרכז לננו-מדעים וננו-טכנולוגיות ישתתף במימון מלגות לסטודנטים מצטיינים (על בסיס תחרות).

לימודי השלמה

קורסי השלמה נדרשים יקבעו, במידת הצורך, ע"י ועדת הקבלה בהתאם לתואר הראשון של המועמד, נסיונו המקצועי, תקנון הפקולטה הרלבנטית, הנחיות ועדת ההוראה היחידתית, וכיו"ב.

סטודנט, שלא למד במסגרת תואר ראשון את קורס הקדם "מבוא למדע והנדסת חומרים" או את הסילבוס שלו במסגרת קורסים שונים, חייב לקחת את הקורס "מבוא למדע והנדסת חומרים לתלמידי השלמות" (0582.1830) בסמסטר א' בשנה הראשונה ללימודיו בתואר שני.

רשימת קורסי ההשלמה:

0509.2830	פיסיקה 3
0512.2507	מבוא לפיזיקה של מוליכים למחצה
0512.2508	התקנים אלקטרוניים
0512.2525	שדות אלקטרומגנטיים
0542.2200	מכניקת המוצקים 1
0542.2500	מכניקת הזורמים 1
0542.2600	תרמודינמיקה 1
0542.3220	מבוא לתורת האלסטיות

יש לבחור 4 קורסים מרשימה זאת, אלא אם כן נדרש התלמיד גם לקורס הקדם "מבוא למדע והנדסת חומרים" (במקרה זה, עליו לבחור עוד 3 קורסים מהרשימה הנ"ל). על-מנת לעבור למעמד מן המניין, על הסטודנט להשיג ציון סופי של 70 לכל הפחות בכל קורס, וכן ממוצע 80 לפחות בארבעת קורסי ההשלמה.

נתיבי לימוד

התוכנית מציעה שני מסלולי לימוד לתואר שני:

1. נתיב מחקרי:

"מוסמך אוניברסיטה בהנדסת חומרים וננו-טכנולוגיות"
(Master of Science in Materials Engineering and Nanotechnologies).

2. נתיב פרויקט גמר:

"מוסמך אוניברסיטה בהנדסת חומרים וננו-טכנולוגיות"
(Master of Science in Materials Engineering and Nanotechnologies).

לנתיבים המפורטים בסעיף 2 יתקבלו רק תלמידים, אשר סיימו תואר ראשון בפקולטה הנדסית. לא יוכלו להתקבל תלמידים, המועסקים ע"י הפקולטה בזמן מלא (פירוט תנאי קבלה למסלול – ראה תקנון).

מסלול ללא עבודת גמר בפקולטה להנדסה

הפקולטה להנדסה היא היחידה שמאפשרת מסלול ללא עבודת גמר. המעבר בין מסלולים כפוף לתקנון הפקולטה. תלמיד יוכל לבקש לעבור למסלול עם עבודת גמר בהנחיית מנחה הפרויקט שלו, קרי להרחיב את היקף העבודה כך שיתאים להיקף של עבודת תזה, רק אם המנחה הוא חבר סגל הפקולטה. הבקשה טעונה אישור המנחה והוועדה היחידתית. תלמיד יוכל לבקש לעבור לנתיב "פרויקט גמר" בהנחיית מנחה התזה, קרי לצמצם את היקף עבודת הגמר כך שיתאים להיקף של פרויקט גמר. הבקשה טעונה אישור המנחה והוועדה היחידתית. כמו כן, בסמכותו של המנחה לבקש מהוועדה היחידתית, לאחר שיידע את התלמיד, לצמצם את היקף העבודה למסגרת של פרויקט גמר, אם לא הוכיח התלמיד גישה ויוזמה מחקרית, התקדמות או

חדשנות מספקת בעבודתו. בכל מקרה בו צומצם היקף העבודה למסגרת של פרויקט גמר, על הסטודנט להשלים את מכסת נ.ז. הנדרשת במסלול פרויקט גמר. תלמיד במסלול עם עבודת גמר, שהתקבל ישירות למעמד "מן המניין" ולא המציא טופס הסכמה להנחיה ממנחה קבוע וכן תאור נושא עבודת התזה בתוך סמסטר ממועד קבלתו, יועבר למסלול ללא עבודת גמר.

מבנה התואר

פרויקט	עבודת גמר	
36 נ.ז.	24 נ.ז.	נקודות זכות לתואר, מינימום
ללא נ.ז.	ללא נ.ז.	קורס קדם (אם נדרש)
ללא נ.ז.	ללא נ.ז.	סמינר משותף, של התוכנית
6 נ.ז.	6 נ.ז.	2 קורסי חובה של התוכנית
6 נ.ז.	6 נ.ז.	קורסי בסיס, מינימום
16 נ.ז.	8 נ.ז.	קורסי בחירה, מינימום
8 נ.ז.	4 נ.ז.	קורסים אחרים, באישור המנחה, מקסימום

הערה: בפקולטה להנדסה ממליצים לסטודנטים במסלול עם עבודת גמר לקחת את הקורס "כתיבה מדעית אנגלית לתואר שני" (0550.6200). קורס זה ילקח על חשבון "קורסים אחרים".

שלבי הלימודים

ככלל, לימודי התואר השני בפקולטה להנדסה כוללים שני שלבים: הראשון – "לימודי צבירה", והשני – לימודים "מן המניין". תלמידים ב"זמן מלא" יתקבלו ישירות לשלב "מן המניין". מועמדים לתואר שני הנדרשים ללימודי השלמה – יתקבלו ללימודי השלמה.

פירוט שלבי הלימוד, חובות לימודים בכל שלב, ותנאי מעבר לשלב "מן המניין" – ראה תקנון תואר שני.

יש לסיים את הלימודים בשלב הצבירה במהלך שלוש שנים אקדמיות, לכל היותר. בכל שנה במהלך לימודי הצבירה יש ללמוד לפחות 3 קורסים. תלמיד בשלב לימודי הצבירה חייב לסיים בהצלחה את קורסי החובה של בית הספר/המחלקה (לרבות רישום חוזר לאחר כשלון, אם נדרש) לא יאוחר מתום הסמסטר הרביעי ללימודיו. מומלץ, לכן, להירשם לכל קורסי החובה במהלך השנה הראשונה ללימודים, כך שניתן יהיה לתקן כשלון, במידה שיהיה כזה, עד תום השנה השנייה ללימודים. הערה: הקורסים הנצברים יהיו בציון ממוצע של 70 לפחות, וכן נדרש לסיים בהצלחה את כל קורסי החובה של בית הספר.

תלמיד בשלב לימודי הצבירה העובר ללימודים ב"זמן מלא" – יעבור למעמד "מן המניין".

בכל נתיב לימודים על התלמיד ללמוד לפחות 25% מתוכנית הלימודים במעמד "מן המניין".

יש לבחור מסלול לימודים ומנחה קבוע בהתאם לאמור בתקנון הפקולטי ללימודים לתואר שני.

ככלל, לא ניתן להשלים את התוכנית מבלי לקחת את קורס הקדם "מבוא למדע והנדסת חומרים" או להוכיח לימוד סילבוס מקביל בקורסים בעבר. סטודנט, שאינו זכאי לפטור מקורס זה על-סמך לימודיו הקודמים, חייב לקחת את הקורס ללא מעבדות (4 ש"ס, 0582.1830) במהלך סמסטר א' בשנה הראשונה ללימודיו לתואר שני. קורס זה אינו מזכה בנקודות זכות לתואר שני. נדרשת עמידה בכל דרישות הקורס בציון סופי של 70 לפחות. הסטודנט זכאי למועד ב'. סטודנט לא יורשה להמשיך בתוכנית, אם לא יעבור בהצלחה את הקורס.

שני קורסי חובה יבחרו מתוך שלושה קורסים אפשריים באישור ועדת הקבלה. ניתן לבחור בכל שלושת קורסי החובה, תוך ויתור על קורס מרשימת "קורסי בחירה". קורסי הבסיס חולקו ל-5-אשכולות; על הסטודנט לבחור קורסים מלפחות 2 אשכולות (מותנה באישור ועדת הקבלה). קורסי הבחירה חולקו ל-6 אשכולות, לנוחיות המנחים והסטודנטים, ולהבלטת תת-תחומים. קורסים מקטגוריה זו יבחרו באישור המנחה הקבוע.

סמינרים משותפים

כל הסטודנטים בתוכנית חייבים להשתתף במהלך לימודיהם ב- 36 סמינרים הקשורים למדע והנדסת חומרים, ננו-מדעים וננו-טכנולוגיות. ניתן להמיר, באופן חד פעמי, 6 סמינרים מתוך 36 בהשתתפות בכנס הקשור לתחומים אלו (בארץ או בחו"ל, לפחות יום אחד), גם אם הסטודנט עצמו לא הציג בכנס עבודה. לשם כך, נדרשת המלצת מנחה, הצגת אסמכתא כלשהי להשתתפות בכנס (כגון תג משתמש, חשבונית, וכו'), וחתימת מרכז הסמינרים בטופס השתתפות. את טופס ההשתתפות ניתן יהיה להוריד מאתר האינטרנט של התוכנית.

ככלל, בתוכנית מונהגת רוטציה בין חברי סגל בריכוז וניהול סמסטריאלי של הסמינרים. הודעות שוטפות על תוכנית הסמינרים מועברות באמצעות דואר אלקטרוני מבעוד מועד לכל חברי הסגל והסטודנטים הפעילים בתוכנית. קיימת חובת החתמת מרכז הסמינרים על טופס ההשתתפות. בנוסף לסמינרים הניתנים אחת לשבוע במהלך שנת הלימודים (יום/שעה קבועים), ניתן להשתתף בכל סמינר שהוא בקמפוס הקשור לתחומי התוכנית – מותנה בקבלת אישור מראש מחבר ועדה מנהלת של התוכנית ובחתימת חבר סגל שנוכח בסמינר הנדון ומזהה את הסטודנט. טופס ההשתתפות החתום עם 36 סמינרים יועבר ע"י הסטודנט למזכירות סטודנטים, יתויק בתיקו האישי, ויהווה אחד התנאים לסגירת התואר. כל סטודנט חייב להציג את עבודת המחקר שלו במסגרת הסמינר, כתנאי לקבלת זכאות לתואר. על-מנת לסגור את התואר, יהיה עליו להציג למזכירות הסטודנטים את התקציר הרשמי של הסמינר, חתום ע"י המנחה הקבוע.

עבודת הגמר וציון הגמר

תיאור אופי העבודה

העבודה יכולה להיות הן ניסויית והן עיונית, הן מחקר בסיסי והן מחקר יישומי. היא עשויה להיות בין-תחומית, תוך שיתוף פעולה בין קבוצות מחקר מפקולטות שונות.

תזה ופרויקט (תואר שני) נבדלים זה מזה בעיקר בהיקף העבודה. בשניהם מוגדרת בעיה מדעית/טכנולוגית כלשהי, מבוצע סקר ספרות עדכני, מוצגת תוכנית עבודה שתאפשר עמידה במטרות שהוגדרו לאור סקר הספרות, מוצגות ומנותחות תוצאות העבודה, ומובאים דיון ומסקנות, הכל בהתאם לסטנדרים המדעיים המקובלים בתחום הרלבנטי. ככלל אצבע, עבודת גמר תהא בהיקף של כ- 9 חודשי עבודה מלאים (100%), בעוד שפרויקט דורש כרבע מכך. עבודת הגמר או הפרויקט יוגשו בשפה האנגלית או בשפה העברית, בתאום עם המנחה.

תלמיד הכותב עבודת תזה חייב להגיש למזכירות התוכנית דוח התקדמות בעבודה, מאושר על-ידי המנחה, בכל סמסטר. הדו"ח יכלול את כותרת העבודה, תאור קצר של נושא העבודה, תאור של העבודה שנעשתה במהלך הסמסטר האחרון, ותוכניות העבודה לסמסטר העוקב.

הלימודים לתואר **דוקטור** נועדו להכשיר את הסטודנט להיות מומחה ובעל ידע, בין המובילים בעולם בתחום התמחותו, בעל יכולת מוכחת לבצע עבודה מחקרית עצמאית, בעל אופקים רחבים במדע וטכנולוגיה, ומצויד בכלים לתרומה יעילה לחברה ולמשק. עבודת המחקר, שהיא המרכיב העיקרי בלימודי דוקטורט, תכלול בשלב ראשון איתור חזית הידע בתחום ההתמחות ובקורת עניינית של הנעשה בעבר, הצבת יעדי המחקר, גיבוש תוכנית עבודה מקורית ותאור השיטות והאמצעים לחקר הבעיה תוך עמידה בלוח זמנים סביר. במהלך המחקר יוכיח הסטודנט מחשבה מקורית וכושר בצוע וניתוח. התיזה תיכתב, בשפה האנגלית, בניסוח מדעי ולשוני רהוט. היא תסכם את המחקר על כל היבטיו בצורה עניינית וביקורתית, תבליט את

תוצאות המחקר ואת תרומת המחקר לתחום ההתמחות. הסטודנט גם יפתח סקרנות מדעית וירחיב את ידיעותיו בנושאים מדעיים וטכנולוגיים הסובבים את שטח התמחותו. במסגרת לימודיו ישתלב הסטודנט במערך ההוראה של הפקולטה הרלבנטית כהכנה למעורבות חברתית הצפויה לו בעתיד.

הנחיית עבודת הגמר

עבודת הגמר (התזה) תבוצע בהנחיית מנחה קבוע. המנחה הוא איש הסגל המדריך את התלמיד במהלך מחקרו ולימודיו, ומהווה את החוליה המקשרת בין התלמיד, הוועדה המנהלת של התוכנית, הוועדות היחידתיות ומוסדות הפקולטה/ביה"ס האחרים במכלול הנושאים הקשורים ללימודי התואר השני או השלישי. אין דרישה אוטומטית למנחה אחד מכל תחום במקרה של מחקרים בין-תחומיים, אולם סביר להניח, שבמקרים מסוימים יומלץ/ידרש ע"י היועץ / ועדת הקבלה / הוועדה המנהלת לסטודנט, למנות יותר ממנחה אחד.

מנחה קבוע לעבודת תזה לתואר שני יכול להיות חבר סגל במסלול הרגיל בפקולטה הרלבנטית, שהוא בדרגת מרצה לפחות, שהתבקש על-ידי התלמיד לשמש לו כמנחה קבוע והסכים לכך, קיבל את אישור יו"ר הוועדה המנהלת של התוכנית, ואושר על-ידי הוועדה היחידתית לתואר שני. כל זה בכפוף להנחיות הוועדה הכללית אוניברסיטאית לתואר שני. את הבקשה לאישור מנחה קבוע לעבודת תזה על התלמיד להגיש ליו"ר הוועדה המנהלת של התוכנית, כשהיא חתומה על-ידי המנחה המיועד. הבקשה תכלול תאור קצר (בהיקף של עד עמוד) של נושא התזה.

תלמיד המעוניין לשנות את נושא המחקר שלו, עדיין תחת הנחיית המנחה שאושר לו, יגיש ליו"ר הוועדה המנהלת של התוכנית בקשה מנומקת בצרוף המלצת המנחה. כאשר התלמיד מעוניין לשנות נושא מחקר בהנחיית מנחה חדש, יהיה עליו להגיש בקשה מנומקת ליו"ר הוועדה ולצרף המלצות המנחה הקודם והמנחה המיועד.

במקרים חריגים יוכל להתמנות מנחה משני לעבודת תזה לתואר שני, בתנאי שהוא בעל תואר שלישי (Ph.D.) וכן שקיבל אישור לכך מהוועדה האוניברסיטאית לתואר שני, על-פי המלצה של הוועדה היחידתית. על המנחה המשני להשתייך לאחת הקבוצות הבאות: חוקרים, מדענים אורחים, מורים במסלול המקביל בדרגת מורה בכיר לפחות, מורים מן החוץ ומורים במסלול הקליני בפקולטה לרפואה. חבר סגל מאוניברסיטה אחרת או ממוסד מחקר לא יוכל לשמש מנחה יחיד, אולם הוועדה האוניברסיטאית לתואר שני רשאית למנות חבר סגל כזה כמנחה משני על-סמך המלצה מנומקת של הוועדה היחידתית, ובהסכמת המנחה. בקשה לאישור מנחה משני שאינו במסלול הרגיל יש להגיש עד שנה מיום תחילת העבודה על התזה. אישור מנחה/מנחים לעבודת דוקטורט ינתן ע"י הוועדה האוניברסיטאית לתלמידי מחקר בהתאם לתקנון האוניברסיטאי.

הרכב ציון הגמר

הציון לתואר שני יחושב על-פי שקלול מרכיבי תוכנית הלימודים, באופן הבא: מסלול עם עבודת גמר (תזה): 50% ממוצע משוקלל של ציוני הקורסים, 30% ציון החיבור הכתוב, 20% ציון בחינת הגמר בנושא התזה.

קורס, שתלמיד קיבל בגינו "פטור" בעקבות לימודים קודמים לתואר מתקדם באוניברסיטה אחרת, לא ייכלל בשקלול ציון הגמר.

הרכב ציון הגמר לתואר שלישי יחושב בהתאם להנחיות הוועדה האוניברסיטאית לתלמידי מחקר.

התוכנית לחומרים ונווטכנולוגיות - 0582

מס' הקורס	שם הקורס	נ.ז.	שעות לימוד	דרישות קדם	מתקיים בסמס'
-----------	----------	------	------------	------------	--------------

קורס קדם לתוכנית

0542.1830	מבוא למדע והנדסת חומרים	-	4		א
-----------	-------------------------	---	---	--	---

א'. קורסי חובה: חובה לבחור שניים מתוך השלושה שלהלן. (6 נ.ז.). באישור ועדת הקבלה, ניתן לבחור בכל שלושת הקורסים, ע"ח "קורסי בחירה"

0582.5000 (0581.5000)	סמינר משותף		1		א+ב
0582.5151	חלבונים כביו-חומרים	3	3		ב
0512.4700	טכנולוגיות מיקרו-וננו-אלקטרוניקה	3	4	התקנים אלקטרוניים(מומלץ)	א
0351.4034	מבוא לננו-מדעים וננו-טכנולוגיות	3	3		ב

0103.0035	עקרונות בחקר חלבונים ⁵	3	3		-
-----------	-----------------------------------	---	---	--	---

ב'. קורסי בסיס: קורסי הבסיס חולקו ל-5 אשכולות; על הסטודנט לבחור קורסים מ-2 אשכולות לפחות (מותנה באישור ועדת הקבלה)(6 נ.ז. לפחות)

אשכול 1 – אפיון חומרים

0510.7705	אפיון ננומטרי של חומרים והתקנים אלקטרוניים	2	2		ב
0582.5110 (0581.5110)	מיקרוסקופיית אלקטרוניים סורקת (SEM)	2	2		ב
0582.5111 (0581.5111)	מעבדה במקרוסקופיית אלקטרוניים סורקת	1	1	מיקרוסקופיית אלקטרוניים סורקת (SEM)	ב
0540.5200	מבנה ואפיון חומרים ⁶	3	3	מבוא למדע והנדסת חומרים	-

אשכול 2 – טכנולוגיות והנדסת חומרים

0582.5100 (0581.5100)	שימושים וכשל של חומרים ⁷	3	3	מבוא למדע והנדסת חומרים	-
0582.5201 (0581.5201)	חומרים פולימריים ⁸	3	3	מבוא למדע והנדסת חומרים; כימיה בסיסית להנדסה	ב
0582.5202 (0581.5202)	חומרים קרמיים ^{9,10}	3	3	מבוא למדע והנדסת חומרים; כימיה בסיסית להנדסה	-
0512.4702	מבוא למערכות מיקרו-אלקטרוניות-מכניות ¹¹	3	4	מבוא לפיזיקה של מוליכים למחצה	ב
0540.6204	הנדסת קרוזיה	3	3	מבוא למדע והנדסת חומרים	ב

אשכול 3 – כימיה

מתקיים בסמס'	דרישות קדם	שעות לימוד	נ.ז.	שם הקורס	מס' הקורס
-	קינטיקה; תרמודינמיקה	3	3	מבוא לקינטיקה אלקטרוכימית ושיטות אלקטרו אנליטיות ^{12, 13}	0351.3815
-		3	3	אלקטרוניקה מולקולארית ¹⁴	0351.4044
-		2	2	קריסטלוגרפיה בקרני X ¹⁵	0582.5140
ב		3	3	מבוא לכימיה פיזיקלית של פני שטח	0582.5144

אשכול 4 – פיזיקה ואלקטרוניקה פיזיקלית

א		3	3	תורת המצב המוצק 1	0321.4401
א		3	3	פיזיקה מזוסקופית	0321.4813
-	מבוא לאופטיקה מודרנית ואלקטרואופטיקה; אופטיקה של מוליכי גלים (מומלץ)	2	2	ננו-פוטוניקה – מננו-מוליכי- גלים לגבישים פוטוניים ¹⁶	0510.7618

אשכול 5 – חומרים בבילוגיה ורפואה

-		3	3	ביו-חומרים ¹⁷	0540.6202
ב	ביו-חומרים או מבוא למדע והנדסת חומרים	3	3	התקנים ביו-רפואיים משחררי תרופות	0553.5332
א	אימונולוגיה כללית	2	2	הנדסת נוגדנים	0453.3388

ג. קורסי בחירה:

קורסי הבחירה חולקו ל – 6 אשכולות, לנוחיות המנחים והסטודנטים ולהבלטת תת-תחומים. קורסים, מקטגוריה זו, ייבחרו באישור המנחה הקבוע. **סטודנטים מביה"ס לפיזיקה ואסטרונומיה חייבים לקחת את 3 קורסי הליבה הבית ספרית שתחת אשכול 4.**

כללי

ב		2+2	2	כתיבה טכנית באנגלית, מסלול תזה, הנדסה	0550.6200
---	--	-----	---	--	---------------------------

אשכול 1 – אפיון חומרים

-		2	2	ניתוח חומרים בעזרת שיטות ספקטרוסקופיות AEX/XPS ¹⁸	0582.5500 (0581.5500)
-	ניתוח חומרים בעזרת שיטות ספקטרוסקופיות AEX/XPS	1	1	מעבדה ב-AEX/XPS ¹⁹	0582.5501 (0581.5501)
א		2	2	מיקרוסקופיות אלקטרוניים בחדירה (TEM)	0582.5137 (0581.5137)
א	מיקרוסקופיות אלקטרוניים בחדירה (TEM)	1	1	מעבדה ב מיקרוסקופיות אלקטרוניים בחדירה (TEM)	0582.5138 (0581.5138)
-	מבוא למדע והנדסת חומרים	3	3	תופעות בפני שטח חד- גבישיים ²⁰	0540.6203

אשכול 2 – טכנולוגיות והנדסת חומרים

מס' הקורס	שם הקורס	נ.ז.	שעות לימוד	דרישות קדם	מתקיים בסמס'
0510.7701	המרה פוטו-וולטאית של אנרגיית שמש ²¹	2	2	פיזיקה מתקדמת של מוליכים למחצה	-
0510.7703	התקנים ננומטריים – תכונות ויישומים ²²	2	2		-
0510.7704	הנעה ננומטרית – עקרונות, חומרים והתקנים ²³	2	2	פיזיקה 1; פיזיקה 2; פיזיקה 3; מבוא לפיזיקה של מוליכים למחצה	-
0510.7811	אינטראקציות בין מיקרוגלים וחומרים	2	2	שדות אלקטרומגנטיים; תמסורת גלים	ב
0510.7902	התפרקויות חשמליות ועיבוד חומרים באמצעות פלסמה ²⁴	3	3	שדות אלקטרומגנטיים	-
0510.7905	תהליכים אלקטרו-פיזיקליים ואלקטרו-מכניים בעיבוד חומרים	2	2	התפרקויות חשמליות ועיבוד חומרים באמצעות פלסמה או שיטות ניסוייות בחקר התפרקויות חשמליות ופלסמה	ב
0510.7907	ציפויים מטלורגיים: טכנולוגיות ציפוי ותכונותיהם	2	2	מבוא למדע והנדסת חומרים	ב
0671.2048	טכנולוגיה ותרבות חומרית ²⁵	2	2		ב
0582.5161	שכבות ביניים ותכונות של חומרים ננו-מבניים	3	3		א
0582.5301 (0581.5301)	חומר ורוח: טכנולוגיות העבר בראי המחר המודרני	3	3	השתתפות – ראיון, מספר מוגבל	א

אשכול 3 - כימיה

0351.3311	יסודות הטכנולוגיה האלקטרוכימית ²⁶	2	2		-
0351.3813	שימושים נבחרים של תהודה מגנטית גרעינית בכימיה אורגנית, בביוכימיה וברפואה ²⁷	2	2	ספקטרוסקופיה מגנטית או יישומי ספקטרוסקופיה	-
0351.4017	דינמיקה כימית בפזות מעובות	3	3		א
0351.4043	תאי דלק ²⁸	2	2	רקע בכימיה	-
0351.4809	תרחיפים ותמיסות פולימריים	3	3	תרמודינמיקה סטטית או פיזיקה תרמית	ב

אשכול 4 – פיזיקה ואלקטרוניקה פיזיקלית

מס' הקורס	שם הקורס	נ.ז.	שעות לימוד	דרישות קדם	מתקיים בסמס'
0510.6701	פיזיקה מתקדמת של מוליכים למחצה	3	3	התקנים אלקטרוניים	א
0510.7702	חומרים לא-ליניאריים באופטיקה ואלקטרוניקה	2	2	מבוא לפיזיקה של מוליכים למחצה	ב
0321.4110	תרמודינאמיקה ומכניקה סטטיסטית 1	3/4	4		א
0321.4115	פיזיקה קוונטית 1	3/4	4		א
0321.4117	אלקטרומגנטיות מתקדמת	3/4	4	אלקטרומגנטיות אנליטית	ב
0321.4814	ננו-מכניקה ²⁹				-
0321.4815	מבוא לספינוטרוניקה וננומגנטיות ³⁰				-

אשכול 5 - חומרים בביולוגיה ורפואה

0553.5345	הנדסת רקמות ותאים – מתקדם ³¹	2	2		-
0453.4105	מכשור, עקרונות ושימוש של שיטות פיזיקליות בביולוגיה ³²	3	3		-
0455.3045	ננו-ביו-טכנולוגיה ומערכות ביואלקטרוניות	2	2		א
0103.0033	מבוא להנדסת רקמות ורגנרציה של הלב	2	2	קורסים בסיסיים בביולוגיה של התא; ביוכימיה ואימונולוגיה (מומלץ)	ב
0119.5636	הדמיה מולקולארית – מיקרוסקופיה קונפוקלית	2	2		ב

אשכול 6 – מכניקה

0540.6201	תורת חומרים מרוכבים	3	3	מבוא לתורת האלסטיות	ב
0540.6407	מכניקת השבר	3	3	מבוא לתורת האלסטיות	א
0540.6409	שבר והתעייפות ³³	3	3	מכניקת שבר	-
0103.0043	יסודות הביו-מכניקה: מתיאוריות הנדסיות לתכונות מכניות של הרקמות	2	2	קורס זה אינו מיועד לסטודנטים בעלי רקע בהנדסה מכנית	א
0542.4720	התנהגות מכנית של חומרים ³⁴	3	4	מבוא למדע והנדסת חומרים	א
0582.5203 (0581.5203)	חיכוך ושחיקה של חומרים ³⁵	3	3	מבוא למדע והנדסת חומרים	-

¹ יכול להנחות לתזה תואר שני בשיתוף עם חבר סגל הפקולטה במסלול הרגיל.

² יכול להנחות לתזה תואר שני בשיתוף עם חבר סגל הפקולטה במסלול הרגיל.

³ יכול להנחות לתזה תואר שני בשיתוף עם חבר סגל הפקולטה במסלול הרגיל.

⁴ יכול להנחות לתזה תואר שני בשיתוף עם חבר סגל הפקולטה במסלול הרגיל.

⁵ לא יינתן בתשע"א
⁶ לא יינתן בתשע"א
⁷ לא יינתן בתשע"א
⁸ רמה מקבילה
⁹ לא יינתן בתשע"א
¹⁰ רמה מקבילה
¹¹ רמה מקבילה
¹² לא יינתן בתשע"א
¹³ רמה מקבילה
¹⁴ לא יינתן בתשע"א
¹⁵ לא יינתן בתשע"א
¹⁶ לא יינתן בתשע"א
¹⁷ לא יינתן בתשע"א
¹⁸ לא יינתן בתשע"א
¹⁹ לא יינתן בתשע"א
²⁰ לא יינתן בתשע"א
²¹ לא יינתן בתשע"א
²² לא יינתן בתשע"א
²³ לא יינתן בתשע"א
²⁴ לא יינתן בתשע"א
²⁵ רמה מקבילה
²⁶ לא יינתן בתשע"א
²⁷ לא יינתן בתשע"א
²⁸ לא יינתן בתשע"א
²⁹ לא יינתן בתשע"א
³⁰ לא יינתן בתשע"א
³¹ לא יינתן בתשע"א
³² לא יינתן בתשע"א
³³ לא יינתן בתשע"א
³⁴ רמה מקבילה
³⁵ לא יינתן בתשע"א