

## היחידה להנדסה גרעינית

2	..... היחידה להנדסה גרעינית
3	..... חברי סגל היחידה
4	..... תוכנית לימודים לתואר שני
6	..... תואר דוקטור לפילוסופיה
7	..... קורסים

## היחידה להנדסה גרעינית

### **רקע כללי**

היחידה להנדסה גרעינית היא המחלקה האקדמית היחידה במדינת ישראל המכשירה חוקרים ומהנדסים בתחומים החיוניים של אנרגיה גרעינית, יישומי קרינה ברפואה ורפואה גרעינית, גילוי קרינה ומיגון וחישובי קרינה. היחידה להנדסה גרעינית מעניקה תארים מתקדמים, מוסמך ודוקטורט (M.Sc. - Ph.D.), בתחומים אלו. תכנית הלימודים של היחידה מספקת השכלה רחבה ומגוונת במדעי הגרעין והנדסה גרעינית ומאפשרת לבוגריה להשתלב בתעשייה או להמשיך במחקר אקדמי במגוון תחומים.

היחידה להנדסה גרעינית מציעה מגוון קורסים לתואר שני ולתואר שלישי וכן מספר קורסי בחירה לסטודנטים נבחרים הלומדים לימודי תואר ראשון בפקולטות למדעי ההנדסה ולמדעי הטבע. הדרישות לתואר מאסטר (עם תזה מחקרית) כוללות קורסים לתארים מתקדמים בהיקף של 18 נקודות זכות (נק"ז) ועבודת מחקר בהיקף של 18 נק"ז. המסלול הנוסף ללימודי תואר שני, ללא תזה מחקרית ושאינו מאפשר להמשיך לדוקטורט, כולל קורסים בהיקף של 33 נקודות ועבודת סמינר מצומצמת בהיקף של 3 נקודות.

הפעילות המחקרית והאקדמית של היחידה להנדסה גרעינית מתמקדת בתחומים העיקריים הבאים:

- **כורים גרעיניים ואנרגיה גרעינית** – תיאוריה של כורים גרעיניים ומעגל הדלק גרעיני; תורת הטרנספורט של ניטרונים; חישובי פיזיקת ליבה ותגובת שרשרת; ניתוח תקלות בכורי כוח וכורי מחקר; פיתוח כלים אנליטיים ונומריים בטרנספורט של ניטרונים.
- **פיזיקה של גילוי, מדידה ודימות באמצעות קרינה** – פיתוח טכניקות גילוי ושיטות מדידה, אנליזה, דימות ואלגוריתמיקה למחקר בסיסי ויישומי הקשור באינטראקציה של קרינה עם חומר. בהיבט של מחקר בסיסי, הפעילות כוללת שותפות בניסויים בינ"ל מובילים בפיזיקת חלקיקים (בדגש על פיזיקת ניטרינו וחומר אפל). בתחום היישומי, המחקר כולל פיתוח שיטות וכלים לדימות ומדידות גרעיניות באמצעות ניטרונים מהירים, קרינת גמא וקרינת אלפא. בנוסף, מתקיימת פעילות לפיתוח שיטות מדידה ואנליזה לפורנזיקה גרעינית.
- **יישומי קרינה מייננת ברפואה** – פיתוח שיטות חדשניות לשימוש באיזוטופים רדיואקטיביים בטיפול בסרטן (כולל טכניקות מדידה חדשות ומודלים פיזיקליים ייעודיים); פיתוח ויישום שיטות מונטה קרלו לחישובי טרנספורט של קרינה ברקמות; פיתוח שיטות לאופטימיזציה של תכנון טיפולי קרינה; פיתוח ואפיון שיטות בדוֹזימטריה.

היחידה מקיימת מחקרים משותפים עם גורמים רבים, בהם אוניברסיטאות מובילות בארץ ובעולם, מרכזי המחקר של הוועדה לאנרגיה אטומית (ממ"ג וקמ"ג), מרכזי מחקר גרעיניים באירופה ומעבדות לאומיות בארה"ב, מכוני רדיותרפיה בבתי חולים, וכן חברות מסחריות. בין התלמידים ביחידה גם דוקטורנטים ופוסט-דוקטורנטים מחו"ל המגיעים אליה במסגרת קשרי שת"פ אלה. המחקרים ביחידה ממומנים בעזרת מענקי מחקר ממגוון קרנות מחקר, כגון משרד המדע, משרד האנרגיה והתשתיות, הרשות לחדשנות, האקדמיה הלאומית הישראלית למדעים, ה-ERC וקרן פזי, וכן על ידי מענקי מחקר מהתעשייה.

מרבית בוגרי היחידה מועסקים בחברות הייטק, מרכזי מחקר, מעבדות לאומיות ובתי חולים, כאשר חלק מהם ממשיך לפוסט-דוקטורט באוניברסיטאות מובילות בחו"ל. לכן, תכנית הלימודים מוכוונת לספק לבוגרינו השכלה רחבה ככל שניתן בתחום הכללי של הנדסה גרעינית ומדעי הגרעין (כולל פיזיקה יישומית ואלגוריתמיקה), ולהכין אותם למשרות בתחומים נרחבים בתעשייה, במחקר וברפואה.

## **חברי סגל היחידה**

### **פרופסור חבר**

פרופ' ארז גלעד - ראש היחידה  
פרופ' יצחק אוריון

### **מרצה בכיר**

ד"ר ליאור ארזי - יו"ר ועדת מוסמכים ותלמידי מחקר

### **פרופסור אמריטוס**

פרופ' אלכס גלפרין  
פרופ' יצחק יעקב  
פרופ' יגאל רונן

### **מורים מן החוץ**

ד"ר איציק הלוי, קמ"ג  
ד"ר רויטל ששון, ממ"ג

## תוכנית לימודים לתואר שני

### תנאי קבלה

1. הקבלה ללימודי מוסמכים מותנית בהחלטת ועדת המוסמכים ביחידה הפועלת כוועדת קבלה, ובאישור הוועדה הפקולטית בהתאם לנהלים המחייבים בפקולטה למדעי ההנדסה.
2. מועמדים מתאימים, בעלי תואר B.Sc. שאינו בהנדסה גרעינית, אשר יתקבלו ללימודי תואר שני בהנדסה גרעינית יצטרכו ללמוד מספר קורסי חובה כפי שמפורט בהמשך.
3. ועדת מוסמכים רשאית לדרוש קורסים נוספים (מהנדסה גרעינית או מחלקות אחרות) או להעניק פטור מקורסי חובה וזאת בהתאם לרקע האקדמי והמקצועי של המועמד. במקרה של פטור מקורס חובה יוכל הסטודנט ללמוד קורס אחר במקום.
4. מועמדים היכולים להירשם ללימודי תואר שני
  - 4.1. בעלי תואר B.Sc. בהנדסה גרעינית.
  - 4.2. בוגרי מוסד אקדמי בישראל בעלי תואר B.Sc. בהנדסה או במדעי הטבע.
  - 4.3. בעלי תואר B.Sc. ממוסד אקדמי מוכר מחוץ לישראל בהנדסה או במדעי הטבע.
5. חלק מהמועמדים יזומנו לראיון כחלק מתהליך הקבלה על פי שיקול דעתה של ועדת מוסמכים.
6. מכתבי המלצה :  
מועמדים הממשיכים ישירות מלימודים אקדמיים יגישו שני מכתבי המלצה מחברי סגל ההוראה במוסד בו למדו. מועמדים אחרים יכולים להגיש מכתבי המלצה מהממונה, מהמנחה אצלו יבצעו את עבודת המחקר או כל ממליץ רלוונטי אחר (על הממליץ להיות דוקטור לפחות).

### צבירת נקודות זכות

הסטודנט יעסוק במהלך לימודי התואר השני במחקר ובלימוד קורסים. תלמיד לתואר שני בהנדסה גרעינית חייב לצבור 36 נקודות זכות בלימודי מוסמכים. תכנית הלימודים כוללת קורסים בהיקף של 18 נק"ז ותיזה מחקרית בהיקף של 18 נק"ז. סטודנט חייב ללמוד ולסיים בהצלחה את הקורסים לתואר שני המוגדרים כקורסי חובה וכן את הקורסים שניתנו לו על ידי ועדת המוסמכים.

### תיזה

כל תלמיד לתואר שני יגיש עבודת גמר מחקרית (תיזה) בהיקף של 18 נק"ז בנושא מתחום ההנדסה הגרעינית. העבודה תבוצע בהנחיית חבר סגל מהיחידה להנדסה גרעינית. במהלך הלימודים על הסטודנט להירשם לקורסים הבאים :

מס' קורס	שם קורס
366.2.6001	עבודת גמר

### הנחיות כלליות

1. על כל תלמיד לבחור מנחה עד סוף הסמסטר הראשון של לימודיו. במידה והבקשה כוללת מינוי מנחה נוסף, הבקשה צריכה להיות מנומקת ומאושרת על ידי המנחה הראשי. במקרה של מנחה מחוץ למחלקה יש לצרף קורות חיים מקוצרים של המנחה הנוסף.
2. מרגע קביעת המנחה ישמש המנחה כיועץ אקדמי של התלמיד.
3. על כל תלמיד להגיש הצעת מחקר לתיזה עד סוף סמסטר ב' של השנה הראשונה ללימודיו. הצעת המחקר תהיה בהיקף של 2-3 עמודים ותכלול את כותרת המחקר, רקע, תיאור המחקר ומטרותיו, תוכנית מחקר ותוצאות ראשוניות.
4. החל מסוף הסמסטר השלישי ללימודים ועד להגשת התיזה לשיפוט על כל תלמיד להגיש דו"ח התקדמות בסוף כל סמסטר עד להגשת התיזה. דו"ח התקדמות יהיה באורך של עד 5 עמודים ויכלול כותרת, רקע, תיאור המחקר ומטרותיו, תוצאות שהתקבלו מאז הצעת המחקר/הדו"ח הקודם, ותוכניות להמשך.
5. על כל תלמיד ללמוד מקצועות חובה ומקצועות בחירה.
6. זהו מסלול ברירת המחדל לרישום לתואר שני.

### מסלול ללא תיזה מחקרית

במקרים מיוחדים, בסמכותה של ועדת מוסמכים להעביר את הסטודנט למסלול ללא תיזה מחקרית. מסלול זה אינו מאפשר המשך לימודים לתואר שלישי ביחידה להנדסה גרעינית. במסלול זה, הסטודנט ילמד קורסים לתואר שני בהיקף של 33 נק"ז. קורסים לתואר שני ממחלקות אחרות יתאפשרו רק באישור ועדת מוסמכים. הסטודנט יבצע סמינר מסכם מקורי בהיקף של 3 נק"ז. יודגש כי מסלול זה אינו ברירת המחדל לרישום.

במסלול ללא תזה, בסמסטר האחרון ללימודים יש להירשם לקורס סמינר מסכם. סטודנט שהגיע לשלב ביצוע עבודת הסמינר ימצא מנחה מסגל היחידה אשר יציע לו נושא לסמינר באישור ועדת המוסמכים. על הסטודנט למצוא מנחה מבין חברי הסגל האקדמי ולקבל את אישור יו"ר ועדת מוסמכים עד סוף תקופת השינויים. באחריות הסטודנט לוודא עם המנחה את הדרישות לעבודת הסמינריון. בסיום הסמסטר ימסור הסטודנט את עבודת הסמינריון למנחה שיהיה אחראי להערכת העבודה וקביעת הציון בקורס על פי הערכה זו. לצורך קביעת הציון על העבודה רשאי הנחה לבקש מהסטודנט לקיים סמינר מסכם ביחידה. מעבר ממסלול ללא תזה למסלול עם תזה מחייב קביעת מנחה ואישור ועדת מוסמכים.

## תואר דוקטור לפילוסופיה

### **כללי**

הלימודים ועבודת המחקר לקראת התואר "דוקטור לפילוסופיה" לתלמידי מחקר במחלקה להנדסה גרעינית יהיו במסגרת בית הספר ללימודי מחקר מתקדמים ע"ש קרייטמן ובהתאם לתקנות ולסדרי הלימודים המפורטים בתקנון האקדמי של אוניברסיטת בן-גוריון בנגב.

### **תנאי קבלה**

בהתאם לנהלים המחייבים בב"ס קרייטמן ללימודי מחקר מתקדמים ועל פי החלטת יו"ר ועדת מוסמכים ותלמידי מחקר ביחידה.

### **מסלולי הלימודים**

#### **המסלול הרגיל לדוקטורט**

בוגרי תואר שני במסלול עם תזה מחקרית במקצועות רלוונטיים יכולים להירשם ללימודי דוקטורט דרך בית הספר ללימודי מחקר מתקדמים ע"ש קרייטמן.

#### **המסלול המשולב לדוקטורט**

המסלול מיועד לתלמידי תואר שני פעילים ביחידה להנדסה גרעינית, הנמצאים בשלבי מחקר מתקדמים וכן הגיעו להישגים נאותים בלימודים, אשר לדעת המנחה יש מקום להרחיב את עבודת הגמר שלהם לדוקטורט. במידה והמנחה ימליץ על כך ויודיע בכתב לוועדת המוסמכים ותלמידי מחקר של היחידה להנדסה גרעינית, תישקל העברת הסטודנט למסלול המשולב בטרם השלים את כל חובותיו לתואר שני. המעבר למסלול המשולב יתבצע לאחר העברת החלטת ועדת המוסמכים לביה"ס ללימודים מתקדמים ע"ש קרייטמן לאישור הדיקן, כאשר הסטודנט השלים לפחות 5 קורסים, או לפחות 14 נק"ז.

## קורסים

ה'-הרצאה, ת'-תרגיל, מ'-מעבדה, נק"ז-נקודות זכות

רשימת הקורסים הניתנים לתואר שני ושלישי  
קורסי חובה

מס' קורס	שם קורס	ה'	מ'	נק"ז
366.2.1013	פיזיקה של קרינה מייננת	3		3.0
366.2.0105	פיזיקה של כורים גרעיניים	3		3.0
366.2.0110	מעבדה לגלאי קרינה		3	3.0
366.2.6061	אנליזה נומרית למדעי הגרעין	3		3.0

\* בסמכותה של ועדת מוסמכים לקבוע קורסי חובה נוספים לכל סטודנט.

קורסי בחירה

מס' קורס	שם קורס	ה'	נק"ז
366.2.0101	תיאוריית מבנה הגרעין	3	3.0
366.2.1011	יסודות הרדיוכימיה ויישומים	3	3.0
366.2.5061	קרינת סינכרוטרון ושימושיה	3	3.0
366.2.5421	חקר וזיהוי פעילות גרעינית	3	3.0
366.2.5461	שיטות גרעיניות למדידות פיזיקליות בלחץ גבוה	3	3.0
366.2.6031	גלאי קרינה : עקרונות פיזיקליים ושימושים במחקר יישומי ובסיסי	3	3.0
366.2.0109	נושאים מתקדמים בגילוי קרינה : סימולציות	3	3.0

\* תתאפשר הרשמה לקורסים לתארים מתקדמים ממחלקות אחרות באישור ועדת מוסמכים.

קורסי בחירה לתלמידי תואר ראשון במחלקות נבחרות בפקולטות להנדסה ולמדעי הטבע

מס' קורס	שם קורס	ה'	ת'	מ'	נק"ז
366.1.0102	מבוא לתורת הכורים הגרעיניים	3	1	-	3.5
366.1.0105	אינטראקציה של קרינה, גילוי ומדידה	3	1	-	3.5