

# הפקולטה להנדסה ביו-רפואית

## תארים

**תואר ראשון (B.Sc.) - מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית**  
תואר זה מקנה את הזכות לרישום בספר המהנדסים ואת הבסיס להמשך השתלמות לתארים גבוהים. משך הלימודים לקבלת התואר הראשון הוא כ- 4 שנים.

**תואר ראשון כפול (B.Sc.) - מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית ופיסיקה**  
מסלול משותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לפיסיקה. משך הלימודים לקבלת התואר הראשון הכפול הוא כ- 4.5 שנים.

**תואר כפול (B.Sc.) - מוסמך למדעים בהנדסה ביו-רפואית ותואר MD ברפואה.**  
מסלול משותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לרפואה בטכניון. משך הלימודים לקבלת התואר הראשון הוא כ- 9 שנים בלבד במקום 11 שנים.

**תואר שני (M.Sc.) - מגיסטר למדעים**  
ההשתלמות לתואר השני מיועדת להרחיב ולהעמיק את הידע וההתמחות בהנדסה ביו-רפואית. להשתלמות זו מתקבלים גם בוגרי פקולטות אחרות. הפקולטה להנדסה ביו-רפואית מעניקה תואר מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית, תואר מגיסטר למדעים וכן תואר מגיסטר להנדסה (M.E.) המוקנה ללא כתיבת תיזה.

**תואר שלישי (Ph.D.) - דוקטור לפילוסופיה**  
ההשתלמות לתואר דוקטור מיועדת להכשיר את המשתלם להיות חוקר מדעי עצמאי. במהלך ההשתלמות מבוצע מחקר יסודי בהיקף נרחב.

## לימודי הסמכה

תכנית הלימודים מקנה לסטודנט רקע בסיסי ומעמיק במדעי יסוד וידע רחב בהנדסה (הנדסת חשמל, מחשבים, מכונות וכד'), במדעי החיים והרפואה. תשתית השכלתית מגוונת זו, המשולבת בהתמחות במספר נושאים, תאפשר לבוגר לתפוס מקום מרכזי בתחומי פעילות שונים בתעשיית ההיי-טק על תחומיה השונים, במכוני מחקר ביו-רפואי, בבתי חולים פרטיים וציבוריים ובארגוני בריאות ממשלתיים ובינלאומיים.

תכנית הלימודים מורכבת מקורסי חובה וממגוון רחב של קורסי בחירה. קורסי החובה הם במדעי היסוד (מתמטיקה, פיסיקה, כימיה ומחשבים), במדעי החיים (אנטומיה, ביוכימיה, ביולוגיה של התא ופיסיולוגיה), במקצועות הנדסיים (המיועדים לתת בסיס הנדסי רחב במכניקה, באלקטרוניקה ובקרה, בביוחומרים ובתופעות הסעה) ובמקצועות פקולטיים המעמיקים את הידע ומרחיבים את היריעה בכיוון ההנדסה הביו-רפואית (תופעות ביו-חשמליות, בקרה פיזיולוגית, מכניקה של תאים ורקמות וכד'). כמו כן, נכללים במקצועות החובה הפקולטיים שני קורסי מעבדה בהנדסה ביו-רפואית, קורסי תכן ותכן מערכת, ושני קורסי פרויקט בהם מיישם הסטודנט ידע הנדסי שרכש, בתכן של מכשור ומערכות ביו-רפואיות. הפרויקטים מתבצעים בשיתוף פעולה עם התעשייה הביו-רפואית. שנת הלימודים הרביעית כוללת קורס פרויקט הנדסי קליני במחלקות קליניות בבתי החולים. קורס זה נועד להכין את הבוגר לעבודה בסביבה הנדסית/קלינית.

## חברי הסגל האקדמי

<b>מרצים בכירים</b>	<b>דיקן הפקולטה</b>
ויס דפנה	אדם דן
ילין דביר	
שהם שי	<b>פרופסורים</b>
	אדם דן
<b>פרופסורים אמריטי</b>	ביאר רפאל *
גת יצחק	ברוקשטיין אלפרד *
דינר אורי	דרבן דוד *
לוטן נח	מזרחי יוסף
לניר יורם	מרמור אברהם *
מרודס אליס	פינברג ג'ון *
	פרת הלל *
* בהשתייכות משנית	

## פרופסורים חברים

אזהרי חיים  
אינציגר פנחס \*  
גור משה  
לבנברג שולמית  
לנדסברג אמיר  
סליקטר דרור  
מאיר רון \*  
קימל איתן

## תאור היחידה

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית היא יחידה רב-תחומית בה עוסקים ביישום הידע והכלים של תחומי ההנדסה השונים לפיתוח שיטות אבחון וטיפול רפואיות ולחקר הבסיס הפיזיולוגי של מחלות. עם עליית רמת החיים ותוחלת החיים בעולם ועליית הדרישה לרמה גבוהה ולמגוון רחב של שרותי בריאות, עולה הדרישה למערכות רפואיות ולמכשור חדשניים. במקביל, מתפתחת התעשייה הביו-רפואית והיא כיום בין המובילות ברמתה ובקצב גידולה. מגוון הפעילויות של התעשייה הביו-רפואית כולל תחומים כגון: איברים מלאכותיים, עזרים מלאכותיים מושתלים, מכשור רפואי לאבחון וטיפול, ציוד לצנתור והדמיה רפואיים, הנדסה שיקומית, עזרי נכים, הנדסה ביוכימית והנדסת רקמות. בכל תחומי הפעילות, התעשייה הביו-רפואית היא עתירת ידע, מוטת ייצוא ומאופיינת בחדשנות, תחכום וחיפוש מתמיד אחר אתגרים חדשים.

החל משנה"ל תש"ס מקיימת הפקולטה מסלול לימודים לתואר ראשון. כמו-כן, מציעה הפקולטה תכניות השתלמות לתארי מגיסטר ודוקטור לסטודנטים המעוניינים לשלב שיטות מחקר, פיתוח ותכן הנדסיים, עם מדעי הרפואה, הביולוגיה והביוטכנולוגיה. הפקולטה מציעה קורסים ושטחי מחקר רבים ועדכניים בתחומים עיוניים וניסויים. בפקולטה מעבדות מתקדמות בשטחים השונים ומערכות מחשבים מצוידות היטב.

ניסיון העבר עם בוגרי הפקולטה להנדסה ביו-רפואית מלמד כי הם השתלבו בצורה מרשימה בתעשייה הביו-רפואית בארץ וכן בתעשיות אחרות. בוגרי הפקולטה מאיישים תפקידי מפתח בקבוצות פיתוח, בייצור, בשיווק וביישום מוצרים בשרותי הבריאות וכן בחברות הזנק (Startup) רבות בתעשייה הביו-רפואית המתפתחת כיום בקצב מהיר ביותר.

בנוסף לתעשייה הביו-רפואית קיימת פעילות ענפה במכוני מחקר ומוסדות אקדמיים בנושאים הדורשים ידע במספר תחומים הנדסיים וביולוגיים-רפואיים.

## תוכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר, יש לצבור 163.0 נקודות לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה 123.0 נק' – 122.5 נק'  
מקצועות בחירה במסלול הפקולטי 30.0 נק' – 30.5 נק'  
מקצועות בחירה חופשית 10.0 נק'

ה' – הרצאה, ת' – תרגיל, מ' – מעבדה, נק' – נקודות

### מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 1
4	2	-	5.0	אלגברה 1 מ' 104016
4	3	-	5.5	חדו"א 1 ת' 104012
3	1	-	3.5	פיסיקה 1 מ' 114071
2	2	3	3.5	כימיה כללית + מעבדה 125011
-	2	-	1.0	חינוך גופני 394800
3	-	-	3.0	אנגלית טכנית 324012
21.5				בסמסטר זה מומלץ לקחת קורס "מגמות" 334021 (1.0 נק') במסגרת הבחירה הכללית

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 2
2	1	-	2.5	מד"ר ת' 104135
4	2	-	5.0	חדו"א 2 ת' 104014
3	1	-	3.5	פיסיקה 2 114052
-	-	3	1.0	מעבדה בפיסיקה 1 ח' 114032
3	-	-	3.0	ביולוגיה 1 134058
2	1	-	2.5	כימיה אורגנית 1 ב' 124801
2	2	2	4.0	מבוא למחשב שפת C 234112
21.5				או
2	2	2	4.0	מבוא למדעי המחשב 234111

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 3
2	1	-	2.5	טורי פוריה 104214
2	1	-	2.5	פונקציות מרוכבות 104215
2	1	-	2.5	מד"ח ת' 104220
2	-	-	2.0	מבוא לאנטומיה מיקרו' ומאקרו' 274001
2	1	-	2.5	ביוכימיה של חלבונים 134019
2	1	-	2.5	כימיה פיסיקלית 1 ב' 124503
3	1	-	4.0	תורת המעגלים החשמליים 044105
-	2	-	1.0	חינוך גופני 394800
19.5				

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 4
2	2	-	3.0	ביופיסיקה ונוירופיסיולוגיה למהנדסים 276010
2	1	-	2.5	מבוא לתהליכים ביולוגים 336004
2	1	-	2.5	יסודות של חומרים רפואיים 334221
3	2	-	4.0	מכניקת מוצקים 1 034028
19.5				או
3	1	-	3.5	מכניקת המוצקים 084505
2	3	-	0.5	בתוספת 1/2 נק' בחירה פקולטית 335334
3	2	-	4.0	מבוא לביומכניקה של תנועה 044130
3	1	-	4.0	אותות ומערכות 044130
1	-	-	1.0	מפגשים עם התעשייה הביו-רפואית 334331
21.0				

## קבלה

אופיה הרב-תחומי של ההנדסה הביו-רפואית מתאים במיוחד למועמדים בעלי התעניינות רחבת אופקים ורצון לשלב ידע בתחומים שונים של מדעים מדויקים ורפואה. במקרים רבים ימצא המהנדס הביו-רפואי כי עליו להוות גשר בין עולם ההנדסה לבין עולם הרפואה. אי לכך חייב המהנדס הביו-רפואי להיות בעל כושר לשלב חשיבה אנליטית עם יכולת אינטגרטיבית, בתוספת מידה ניכרת של סקרנות, מקוריות מחשבתית ויצירתיות.

### מעבדות ועזרי למידה

לפקולטה להנדסה ביו-רפואית שורה של מעבדות ועזרי למידה מתקדמים, אשר עומדים לרשות הסטודנטים בנוסף לספריה פקולטית, חוות מחשבים ובתי מלאכה:

- מעבדה לקרדיולוגיה מולקולרית, תאית, ומערכתית פרופ"ח אמיר לנדסברג

- מעבדה להתמיינות תאי גזע בהנדסת רקמות פרופ"ח שולמית לבנברג

- מעבדה להנדסת רקמות פרופ"ח דרור סליקטר

- מעבדה להנדסת ממשקים עצביים ד"ר שי שהם

- מעבדה לדימות רפואית פרופ"ח חיים אזהרי

- מעבדה לחקר הראיה פרופ"ח משה גור

- מעבדה לביומכטרוניקה שיקומית וביומכניקה אורתופדית פרופ' יוסף מזרחי

- מעבדה לעבוד והדמיית אותות ותמונות באולטרסאונד פרופ' דן אדם

- מעבדה למכניקה ותפקוד של אברים ורקמות פרופ' יורם לניר

- מעבדה למיקרו זרימה פרופ' אורי דינר

- מעבדה לאולטרסאונד טיפולי וביומכניקה של התא פרופ"ח איתן קימל

- מעבדה לביו-מיקרו-ריאולוגיה ד"ר דפנה ויס

- מעבדה לאופטיקה ביו-רפואית ד"ר דביר ילין

- מעבדה לביוחומרים פרופ' נח לוטן

- מעבדה לאנליזה של אותות פיסיולוגיים פרופ' יצחק גת

- מעבדה לביוכימיה פיסיקלית של רקמות חיבור פרופ' אליס מרודס

**2. קורסי בחירה מישנית**

ה'	ת'	מ'	נק'
3	1	-	3.5
<b>קורסים פקולטיים</b>			
-	-	6	2.0
-	-	6	2.0
-	-	-	2.0
2	-	1	2.5
-	-	2	2.0
2	-	1	2.5
-	-	2	2.0
2	-	1	2.5
-	-	2	2.0
2	-	1	2.5
3	-	1	3.5
2	-	1	2.5
-	-	2	2.0
2	-	1	2.5
-	-	2	2.0
2	-	1	2.5
-	-	2	2.0
2	-	1	2.5
3	-	1	3.5
2	-	2	3.0
2	-	2	3.0
2	-	2	3.0
2	-	2	3.0
2	-	1	3.0
2	-	1	3.0
2	-	1	3.0
3	-	-	3.0
3	-	1	3.5

\* ניתן אחת לשנתיים  
 \*\* ניתן לבחור אחד מביניהם  
 # נדרש הקדם 104034 מבוא להסתברות ח'

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 5
3	1	-	3.5	104034
3	1	-	3.5	094480
2	2	-	3.0	276011
2	1	-	2.5	336022
3	2	-	4.0	334009
3	2	-	4.0	334011

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 6
2	1	-	2.5	336502
3	2	-	4.0	336403
3	2	-	4.0	334010
-	-	4	2.0	334012

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 7
-	-	4	2.0	334013
-	-	9	3.0	335014

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 8
1	-	3	2.0	334016
-	-	9	3.0	335015

**קורסי בחירה**

**יש לצבור לפחות 30 נק', מתוכן לפחות 22 נק' ממקצועות הניתנים ע"י הפקולטה**

רשימת קורסי הבחירה מורכבת משתי רשימות, מתוכן יבחר הסטודנט:

- 1. קורסי ליבה: קורסים בהיקף של 17 נק' לפחות
- 2. קורסי בחירה מישנית: קורסים בהיקף של 13 נק'

**הערות**

חלק מהקורסים ניתנים אחת לשנה ומהווים חלק משרשרת, לכן מומלץ מאד לקחתם עפ"י התכנית המומלצת על מנת למנוע עיכוב בסיום התואר.

מאחר שיתכנו שינויים עתידיים בתכנית הלימודים חובה על כל סטודנט להתעדכן בתחילת כל שנה אקדמית בפרטי השינויים, באם יחולו.

**קורסי בחירה  
1. קורסי ליבה**

ה'	ת'	מ'	נק'
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	1	-	2.5
2	2	-	3.0
2	2	-	3.0
2	1	-	2.5
2	2	-	3.0



## המסלול לתואר כפול הנדסה ביו-רפואית - רפואה

מסלול לימודים משותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לרפואה בטכניון. התכנית מיועדת למספר מצומצם של סטודנטים מצטיינים, אשר בנוסף להכשרתם כמהנדסים מעוניינים להשתלב בלימודי הרפואה. מסלול יחודי זה מקנה תואר משולב: מוסמך למדעים B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית ותואר ברפואה MD וזאת לאחר 9 שנות לימוד בלבד במקום 11 שנים.

מטרת המסלול היא להכשיר את טובי המדענים/רופאים אשר יהיו בעלי ידע מעמיק הן בהנדסה והן ברפואה, שיוכלו להוביל מחקרים, פיתוחים ויישומים קליניים בשטחי הרפואה, האקדמיה והתעשייה. הרפואה המודרנית, הן בצד האבחנתי והן בצד הטיפולי הופכת למורכבת יותר ויותר, הן עקב הידע הרב המצטבר והן עקב מורכבות השיטות, הציוד והמכשור המשמשים לטיפול ולאבחנה. כיוון שנושא הרפואה תופס מקום יותר ויותר חשוב בחיינו, והמשאבים הכלכליים והאנושיים, הלאומיים והאישיים המופנים לנושא זה הולכים וגדלים, קיים צורך הולך וגובר גם בכוח אדם מיומן. כמובן שגם תעשיית ההיי-טק מתפתחת בקצב מהיר בכיוון זה, וכיום 45% מחברות ההזנק בארץ עוסקות בפיתוח שיטות ומוצרים רפואיים וביוטכנולוגיים. האנשים המובילים היום בעולם המערבי במחקר, בפיתוח ובקליניקה הרפואית הם ברובם בעלי השכלה משולבת – הנדסית/מדעית ורפואית.

סטודנטים שיתקבלו למסלול המשותף ילמדו בשנתיים הראשונות בעיקר מקצועות מתחום ההנדסה הביו-רפואית ובהמשך, רוב המקצועות יהיו מתחום הרפואה מהשלב הקדם-קליני. בסוף השנה החמישית יוענק לסטודנטים תואר מוסמך למדעים B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית וכן תואר ראשון B.Sc. במדעי הרפואה. החל מהשנה השישית יצטרפו הסטודנטים לשלב הלימודים הקליניים (ראה מידע בפקולטה לרפואה), שבסימום יוסמכו כרופאים ויקבלו תואר MD.

המועמדים יהיו חייבים לעמוד בדרישות הקבלה לשתי הפקולטות ובנוסף לעבור ראיון ע"י ועדת הקבלה ברפואה.

## תוכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר הכפול יש לצבור 240.0 נקודות לפי הפרוט הבא:

מקצועות מהנדסה ביו-רפואית 124.5 נק'  
מקצועות מרפואה 115.5 נק'  
סה"כ נקודות לקבלת התואר הכפול 240.0 נק'

ה' - הרצאה, ת' - תרגיל, מ' - מעבדה, נק' - נקודות

מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

סמסטר 1	ה'	ת'	מ'	נק'
<b>הנדסה ביו-רפואית</b>				
104016	אלגברה 1 מ'	4	2	5.0
104012	חדו"א 1ת'	4	3	5.5
114071	פיסיקה 1 מ'	3	1	3.5
125011	כימיה כללית + מעבדה	2	2	3.5
324012	אנגלית טכנית	4	-	3.0
394800	חינוך גופני	-	2	1.0

21.5

סמסטר 2	ה'	ת'	מ'	נק'
<b>הנדסה ביו-רפואית</b>				
104135	מד"ר ת'	2	1	2.5
104014	חדו"א 2ת'	4	2	5.0
114052	פיסיקה 2	3	1	3.5
114032	מעבדה בפיסיקה 1 ח'	-	3	1.0
234112	מבוא למחשב שפת C	2	2	4.0
334331	מפגשים עם התעשייה הביו-רפואית	1	-	1.0
394800	חינוך גופני	-	2	1.0
<b>ברפואה</b>				
125802	כימיה אורגנית רב"מ	4	2	5.0

23.0

סמסטר 3	ה'	ת'	מ'	נק'
<b>הנדסה ביו-רפואית</b>				
104034	מבוא להסתברות ח'	3	1	3.5
<b>או</b>				
094480	מבוא להסתברות וסטטיסטיקה	3	2	3.5
104214	טורי פוריה	2	1	2.5
104220	מד"ח ת'	2	1	2.5
044105	תורת המעגלים החשמליים	3	1	4.0
<b>ברפואה</b>				
124510	כימיה פיסיקלית ר'	3	2	4.0
274113	אנטומיה 1	3	-	4.0

20.5

סמסטר 4	ה'	ת'	מ'	נק'
<b>הנדסה ביו-רפואית</b>				
034028	מכניקת מוצקים 1	3	2	4.0
104215	פונקציות מרוכבות	2	1	2.5
335334	מבוא לביומכניקה של תנועה	3	2	4.0
044130	אותות ומערכות	3	1	4.0
334221	יסודות של חומרים רפואיים	2	1	2.5
<b>ברפואה</b>				
274114	אנטומיה 2	4	-	4.5

21.5

סמסטר 5	ה'	ת'	מ'	נק'
<b>הנדסה ביו-רפואית</b>				
334009	מכניקת זורמים ביולוגיים	3	2	4.0
334011	יסודות תכן ביו-חשמלי	3	2	4.0
10.0	קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית *			
<b>ברפואה</b>				
324300	מהי פילוסופיה	2	-	1.5
274131	להיות רופא - חשיפה למקצוע הרפואה (1)	-	-	0.5
274108	התא 1	3	1	3.5

23.5

סמסטר 6	ה'	ת'	מ'	נק'
<b>הנדסה ביו-רפואית</b>				
334010	תכן ביומכני בסיסי	3	2	4.0
336403	תופעות מעבר במערכות פיסיולוגיות	3	2	4.0
334012	מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 1	-	-	2.0
336502	עקרונות הדמיה ברפואה	2	1	2.5
10.0	קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית *			
<b>ברפואה</b>				
274107	התא 2	3	1	3.5
324397	סוגיות בפילוסופיה של מדעי החיים	2	-	1.5
274132	להיות רופא - חשיפה למקצוע הרפואה (2)	-	-	0.5

28.0

				סמסטר 7	
				בהנדסה ביו-רפואית	
ה'	ת'	מ'	נק'		
-	-	-	-		
-	-	4	2.0	מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 2	334013
-	-	9	3.0	פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 1	335014
				ברפואה	
1	-	3	2.0	מבוא לרפואה דחופה	274109
2	-	-	1.5	פסיכולוגיה וסוציולוגיה 1 לרפואה	274232
-	-	1.5	1.0	להיות רופא (3)	274234
3	-	-	3.0	אמבריולוגיה	274202
3	-	3	4.5	היסטולוגיה	276200
3	1	-	3.5	תורשת האדם	274215
5	-	-	5.0	ביוכימיה כללית ר'	274226
-	1	3	1.5	מעבדה בביוכימיה	274227
<hr/>				27.0	

				סמסטר 8	
				בהנדסה ביו-רפואית	
ה'	ת'	מ'	נק'		
-	-	9	3.0	פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 2	335015
-	-	-	7.0	קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית *	
				ברפואה	
3	2	2	5.0	ביופיסיקה	274213
2	-	-	1.5	אנתרופולוגיה חברתית	324803
-	-	1.5	1.0	להיות רופא (4)	274235
4	-	3	5.0	אימונולוגיה	274230
-	1	3	1.5	מעבדה בביוכימיה קלינית	274311
4	-	-	4.0	ביוכימיה קלינית	276310
<hr/>				28.0	

				סמסטר 9	
				ברפואה	
ה'	ת'	מ'	נק'		
2	-	-	2.0	אפידמיולוגיה	274318
2	-	-	2.0	אתיקה ומשפט	274320
3	1	3	4.5	פיסולוגיה 1	274323
2	1	3	3.5	פיסולוגיה 2	274324
5	-	1.5	5.5	מבנה ותפקוד המוח	276203
4	-	3	5.0	בקטריולוגיה	274331
-	-	1.5	1.0	להיות רופא במערכת הרפואה (5)	274326
3	-	-	3.0	אנדוקרינולוגיה	274328
<hr/>				26.5	

				סמסטר 10	
				ברפואה	
ה'	ת'	מ'	נק'		
1	-	-	1.0	תזונה קלינית	274334
2	-	1	3.0	המטולוגיה	274340
3	-	3	4.0	פתולוגיה כללית	274308
1	-	1	1.0	פריזיטולוגיה	274314
-	-	1.5	1.0	להיות רופא - חשיפה למקצוע הרפואה (6)	274327
2	-	-	1.5	חברה ואומנות	324218
3	-	-	3.0	וירולוגיה	274332
2	-	1	2.0	מיקולוגיה	274333
3	2	-	4.0	פרמקולוגיה בסיסית	274337
<hr/>				20.5	

\* קורסי בחירה בהנדסה ביו-רפואית –

ראה תכנית הלימודים של הפקולטה להנדסה ביו-רפואית

בשנה"ל ה- 6, 7, 8 ילמדו הסטודנטים את השנים ד', ה' ו' של לימודי רפואה.

בשנה"ל ה- 9 יתבצע הסטאז'.

# תואר כפול הנדסה ביו-רפואית פיסיקה

מסלול הלימודים המשותף לפקולטה להנדסה ביו-רפואית ולפקולטה לפיסיקה בטכניון הינו תכנית חדשנית המיועדת למספר מצומצם של סטודנטים מצטיינים, המעוניינים לפתח ידע מדעי וטכנולוגי בתחומי ההנדסה הביו-רפואית בשילוב עם ידע והבנה פיסיקליים עמוקים יותר של תופעות וכלי מחקר מודרניים בהנדסה ביו-רפואית. מסלול ייחודי זה מקנה תואר כפול: מוסמך למדעים B.Sc. בהנדסה ביו-רפואית ו- מוסמך למדעים B.Sc. בפיסיקה, במסלול הנמשך כ- 4.5 שנים. בנוסף להכשרה בהנדסה הביו-רפואית, המסלול כולל קורסי חובה רחבים במכניקה אנליטית ובפיסיקה קוונטית, סטטיסטיקה ואלקטרו-מגנטית ואפשרויות בחירה רבות בין קורסים רלוונטיים הן בפיסיקה והן בהנדסה ביו-רפואית.

מטרת המסלול היא להכשיר מהנדסים/מדענים אשר יהיו בעלי ידע מעמיק הן בהנדסה הביו-רפואית והן בפיסיקה. ראייה משולבת-רחבה כזו נדרשת כיום במידה גוברת בחזית הפיתוח של מכשור ביו-רפואי המסתמך על תופעות פיסיקליות מורכבות, למשל בתחומי האופטיקה הביו-רפואית, הדימות הגרעיני והמגנטי והננו-רפואה. כמו-כן, נושאי מחקר ביו-רפואיים מתקדמים רבים מסתמכים כיום במידה רבה מאוד על כלים ניסיוניים ותיאורטיים מתקדמים שפותחו במקור בפיסיקה, ומסתמכים על ידע פיסיקלי והנדסי מתקדם.

## תוכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר, יש לצבור 182.0 / 182.5 נקודות לפי הפרוט הבא:

**מקצועות חובה**  
מקצועות בחירה במסלול הפקולטי 141.0 / 140.5 נק'  
מתוכם 10.5 – 9.5 נק'  
מפיסיקה מתוך הרשימה  
מקצועות בחירה חופשית 10.0 נק'

ה'- הרצאה, ת'- תרגיל, מ'- מעבדה, נק'- נקודות

## מקצועות החובה - השיבוץ המומלץ לפי סמסטרים

סמסטר 1	ה'	ת'	מ'	נק'
אלגברה 1 מ'	4	2	-	5.0
חדו"א 1 ת'	4	3	-	5.5
פיסיקה 1 מ'	3	1	-	3.5
כימיה כללית + מעבדה	2	2	3	3.5
מבוא למחשב שפת C	2	2	2	4.0
או				
מבוא למדעי המחשב	2	2	2	4.0
בטיחות במעבדות חשמל	4	-	-	0.0
				21.5

\*חד פעמי במהלך הסמסטר בהתאם להנחיות שיפורסמו בנפרד

סמסטר 2	ה'	ת'	מ'	נק'
ביולוגיה 1	3	-	-	3.0
מד"ח ת'	2	1	-	2.5
חדו"א 2 ת'	4	2	-	5.0
פיסיקה 2 ממי'	4	2	-	5.0
מעבדה בפיסיקה 1 ח'	-	-	3	1.0
כימיה אורגנית 1 ב'	2	1	-	2.5
אנגלית טכנית	3	-	-	3.0
				22.0

סמסטר 3	ה'	ת'	מ'	נק'
מבוא לאנטומיה מיקרו' ומאקרו'	2	-	-	2.0
טורי פוריה	2	1	-	2.5
פונקציות מרוכבות	2	1	-	2.5
מד"ח ת'	2	1	-	2.5
ביוכימיה של חלבונים	2	1	-	2.5
מעבדה לפיסיקה 2 מח'	-	-	3	1.0
מכניקה אנליטית	3	1	-	4.0
פיסיקה קוונטית 1	4	2	-	5.0
				22.0

סמסטר 4	ה'	ת'	מ'	נק'
ביופיסיקה וניורופיסיולוגיה למהנדסים	2	2	-	3.0
מבוא לתהליכים ביולוגיים	2	1	-	2.5
מכניקת מוצקים 1	3	2	-	4.0
או				
מכניקת המוצקים	3	1	-	3.5
מבוא לביומכניקה של תנועה	3	2	-	4.0
תורת המעגלים החשמליים	3	1	-	4.0
פיסיקה קוונטית 2	4	1	-	5.0
				22.5
				22.0

סמסטר 5	ה'	ת'	מ'	נק'
מבוא להסתברות ח'	3	1	-	3.5
או				
מבוא להסתברות וסטטיסטיקה	3	1	-	3.5
אותות ומערכות	3	1	-	4.0
פיסיולוגיה של מערכות הגוף למהנדסים	2	2	-	3.0
מכניקת זורמים ביולוגיים	3	2	-	4.0
יסודות תכן ביו-חשמלי	3	2	-	4.0
חינוך גופני	-	2	-	1.0
				19.5

סמסטר 6	ה'	ת'	מ'	נק'
תורה אלקטרומגנטית	3	1	-	4.0
פיסיקה סטטיסטית ותרמית	3	1	-	4.0
עקרונות הדמיה	2	1	-	2.5
תופעות מעבר במערכות פיסיולוגיות	3	2	-	4.0
תכן ביומכני בסיסי	3	2	-	4.0
מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 1	-	-	4	2.0
חינוך גופני	-	2	-	1.0
קורסי בחירה פקולטיים				21.5

סמסטר 7	ה'	ת'	מ'	נק'
מעבדה בהנדסה ביו-רפואית 2	-	-	4	2.0
פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 1	-	-	9	3.0
מעבדה לפיסיקה 4 מח'	-	-	3	2.0
קורסי בחירה פקולטיים				7.0

סמסטר 8	ה'	ת'	מ'	נק'
פרויקט בהנדסה ביו-רפואית 2	-	-	9	3.0
יסודות של חומרים רפואיים	2	1	-	2.5
קורסי בחירה פקולטיים				5.5

סמסטר 9	ה'	ת'	מ'	נק'
קורסי בחירה פקולטיים				

## קורסי בחירה

יש לצבור לפחות 31.0–31.5 נק' מהרשימה  
מתוכן 10.5-9.5 נק' מפיסיקה ולפחות 21 נק'  
מרשימת הנדסה ביו-רפואית (מהן 15 נק'  
לפחות מקורסי הליבה)

יתכנו שינויים

### הנדסה ביו-רפואית

#### 1. קורסי ליבה

נק'	מ'	ת'	ה'	פיסיקה
3.0	6	-	-	מעבדה במדידות אופטיות
3.5	-	1	3	פיסיקה של גרעינים וחלקיקים יסודיים
3.5	-	1	3	פיסיקה של מצב מוצק
3.5	-	1	3	פיסיקה של לייזרים
3.5	-	1	3	מבוא לביופיסיקה
3.5	-	1	3	אסטרופיסיקה וקוסמולוגיה
3.0	-	-	3	ביופיסיקה של התא

נק'	מ'	ת'	ה'	קורסי ליבה
2.5	-	1	2	תופעות ביו-חשמליות
2.5	-	1	2	ננו-חלקיקים בביו-מכניקה וראולוגיה
2.5	-	1	2	מתא לרקמה
2.5	-	1	2	יישומי אופטיקה ביו-רפואית
2.5	-	1	2	שיטות באנליזה של אותות ביולוגיים
2.5	-	1	2	אולטראסאונד ברפואה
2.0	-	-	2	יסודות הנדסיים בביולוגיה ובביוטכנו
2.0	-	-	2	עקרונות תהודה מגנטית
2.5	-	1	2	ביומכניקה שיקומית
2.5	-	1	2	ביו-הנדסה של התא
3.0	-	2	2	מעבר חום במערכות ביולוגיות
3.0	-	2	2	מבוא לבקרה במערכות ביו-רפואיות
2.5	-	1	2	הנדסת רקמות ותחליפים ביולוגיים
3.0	-	2	2	יסודות אופטיקה ופוטוניקה

#### 2. קורסי בחירה משנית

נק'	מ'	ת'	ה'	קורסי בחירה משנית
2.0	6	-	-	** מעבדה מתקדמת בה. ביו-רפואית 1
2.0	6	-	-	** מעבדה מתקדמת בה. ביו-רפואית 2
2.0	-	-	2	המח והמחשב
2.5	-	1	2	נתוח תהליכים במערכת הראיה
2.0	-	-	2	זרימה במערכות ביולוגיות
2.5	-	1	2	ניתוח נתונים ושערוך פרמטרים
2.0	-	-	2	ביוחומרים
2.5	-	1	2	סיווג ואישכול בזהוי תבניות ביולוגיות
2.0	-	-	2	* ביופיסיקה של רקמות חיבור
2.5	-	1	2	ביומכניקה של רקמות
2.5	-	1	2	* שתלים אורטופדיים ותחליפי רקמה
3.5	-	1	3	* עקרונות הנדסיים של המערכת הקרדיוסקולרית
2.5	-	1	2	מכשור רפואי – סטנדרטים ובטיחות
2.0	-	-	2	* איברים מטבוליים מלאכותיים
2.5	-	1	2	שחרור מבוקר של תרופות
2.5	-	1	2	ניתוח הנדסי של מערכות נשימה
2.0	-	-	2	עקרונות של חיישנים ביוכימיים
3.0	-	1	2	מבוא לעיבוד ספרתי של אותות
3.0	-	1	2	#044202 אותות אקראיים

\* ניתן אחת לשנתיים

\*\* ניתן לבחור אחד מביניהם

# נדרש הקדם 104034 (ראה קורסי חובה בסמסטר 5)

## לימודי מוסמים

- ביו-ריאולוגיה
- ריאקטורים אנזימטיים ומערכות לשחרור מבוקר של תרופות
- אלקטרוניקה מולקולרית, מערכות לוגיות ופולימרים מוליכים
- שתלים קומפוטבייליים
- הנדסה ביוכימית
- איברים מלאכותיים לתמיכה במטבוליזם וטיפול בדם
- הפרדה וטיהור של מוצרים ביוטכנולוגיים
- תחליפים לדם ולפלסמת הדם

### המערכת הקרדיו-וסקולרית

- צימוד חשמלי מכני בשריר הלב
- בקרת התמרת אנרגיה כימית למכאנית בלב
- אלקטרופיזיולוגיה והיווצרות אריתמיות
- זיהוי וטיפול בהפרעות חשמליות
- כשל מכני של הלב ומתקני עזר ללב הכושל
- אנליזה וסימולציה תלת ממדית של תפקוד הלב
- מיפוי תלת-ממדי של מהירויות זרימת הדם בעורקים
- זרימה כלילית – מיפוי, אבחון וטיפול בטרשת עורקים
- מיפוי פוטנציאלים על פני הגוף
- אלקטרוקרדיוגרפיה - הבעיה הישירה והבעיה ההפוכה
- זרימה במערכות הגוף (מחזור הדם, עצמות, מפרקים, ריאה)
- ביומכניקה של מערכת מחזור הדם
- מיקרוצירקולציה
- מדידות פולשניות ובלתי פולשניות למדידות זרימת דם

## לימודים לתואר מגיסטר ודוקטור

### תנאי הקבלה ודרישות הלימוד

תנאי הקבלה ללימודים בפקולטה להנדסה ביו-רפואית כפופים לדרישות ותקנות ביה"ס ללימודי מוסמים. בדיון בבקשת קבלה של מועמד, תתחשב הוועדה ללימודי מוסמים הפקולטית במוצע המצטבר בלימודי הסמכה/מוסמים, בהישגיו במקצועות ספציפיים בלימודי הסמכה/מוסמים, ובנתונים נוספים לגבי היכולת האקדמית, המדעית והמקצועית שלו. כמו כן יובאו בחשבון שיקולים פקולטיים נוספים (כגון הגבלה במספר המקומות ופוטנציאל ההנחיה).

מומלץ שסטודנט המעוניין בניתב מחקרי (להבדיל ממסלול ללא תזה) יצור קשר עם מנחה פוטנציאלי ולקבל את הסכמתו לפני ההרשמה. **הצגת נושא מחקר עם ההרשמה תקנה עדיפות למועמד.**

### תואר מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית (MSc)

#### תנאי הקבלה

א. **בוגר פקולטה הנדסית** בעל ציון ממוצע מעל 83 שהוחלט לקבלו יחויב בדרישות לימודיות כמפורט בטבלה בהמשך, ויתקבל במעמד של סטודנט "מן המניין".

ב. **בוגר פקולטה מדעית בתואר תלת-שנתי**, בעל ציון ממוצע מעל 83 שהוחלט לקבלו יחויב בדרישות לימודיות כמפורט בטבלה בהמשך ויתקבל במעמד של סטודנט "משלים". הוא יעבור למעמד "מן המניין" לאחר שישלים את מקצועות ההשלמה.

ג. **בוגר מדעי החיים ואחרים**, בעל ציון ממוצע מעל 87 שהוחלט לקבלו יחויב בהתאם לתכנית לימודי השלמה כמפורט בטבלה בהמשך, ויתקבל במעמד של סטודנט "משלים". הוא יעבור למעמד "מן המניין" לאחר שישלים את מקצועות ההשלמה.

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית היא יחידה רב-תחומית, בה עוסקים ביישום של שיטות הנדסיות וידע טכנולוגי בשטחי הרפואה השונים. במחלקה 11 חברי סגל בזמן מלא, 8 חברי סגל בהשתייכות משנית ו-5 פרופ' אמריטוס. המחלקה מהווה ישות טכניונית עצמאית בתחומי ההוראה והמחקר.

הפקולטה להנדסה ביו-רפואית מציעה תכניות השתלמות לתואר מגיסטר ולתואר דוקטור, לסטודנטים המעוניינים לשלב שיטות מחקר, פיתוח ותכן הנדסיים, עם מדעי הרפואה, הביוכימיה והביוטכנולוגיה. הפקולטה מציעה קורסים ושטחי מחקר מגוונים ועכשוויים בתחומים עיוניים וניסויים. בפקולטה מעבדות מתקדמות בשטחים השונים ומערכות מחשבים מצוידות היטב. תוכניות ההשתלמות מיועדות לבוגרי תואר ראשון/שני בפקולטות ההנדסיות, בפקולטות למדעים (מדעי המחשב, פיסיקה, מתמטיקה וכימיה) ולבוגרי פקולטות למדעי החיים (ביוכימיה ומדעי הרפואה) שהישגיהם בלימודי התואר הראשון/והשני גבוהים.

### התארים המוענקים ע"י היחידה הם:

מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית (MSc)

מגיסטר להנדסה בהנדסה ביו-רפואית (ME ללא תזה)

מגיסטר למדעים (MSc)

דוקטור לפילוסופיה (PhD)

### שטחי המחקר העיקריים:

#### ביומכניקה ואורטופדיה

- ביומכניקה מולקולרית ותאית
- מכניקה ומבנה של תאים, רקמות ואברים
- דינאמיקת מערכות השלד והשרירים, חקר תנועה והליכה
- משותב תחושתי
- הנדסה שיקומית: גפיים ומפרקים מלאכותיים
- הפעלת שרירים משותקים באמצעות גירוי חשמלי פונקציונלי
- מבנה ותפקוד רקמות סחוסיות נורמליות ובמצבי מחלה
- פולי-אלקטרוליטיים ומעבר של נוזלים ומומסים - מטבוליטיים
- מטבוליזם ומעבר מסה

#### אותות ומערכות ביוכימיה והדמיה רפואית

- הדמיה רפואית (אולטרה-סאונד, MRI, PET, CT)
- עיבוד תמונות רפואיות
- טיפולים מונחי הדמיה
- זיהוי תבניות וסיווג תבניות בסיגנלים ותמונות רפואיות
- ניתוח אותות ופירושם הפיזיולוגי
- אלקטרופיזיולוגיה, פוטנציאלים מעוררים
- סימולציה של תהליכי ראייה
- מודליזציה של אותות ביוכימיים
- עיבוד דיבור במחלות נוירולוגיות
- מערכות מיקרו לניטור פעילות הגוף
- Lab on Chip למחקר ודיאגנוזה קלינית
- מערכות בקרה פיזיולוגיות ובקרה תוך תאית
- ממשקים עצביים
- ביופוטוניקה

#### ביו-חומרים וביוטכנולוגיה

- הנדסת רקמות
- שימוש בתאי גזע



הסטודנט. סטודנט החייב בהשלמה יתקבל במעמד משלים.

**הערה:** במקרה של שינוי כיוון מהותי בהתמחות ביחס לתואר הקודם, רשאי המנחה לדרוש השלמת ידע על ידי לקיחת קורסים מעבר למכסה הנ"ל.

#### דרישות הלימוד

צבירה של 9 נקודות והגשת עבודת מחקר.

#### נושא ומנחה

על המועמד לתואר דוקטור למצוא מנחה ולגבש נושא לפני הרשמתו. לאחר גיבוש הנושא יעבור המועמד, במידת הצורך, ראיון קבלה ע"י ועדה "אד-הוק" שתורכב משלושה חברי סגל (שאינה כוללת את המנחה) ותינתן חוות דעת על התאמת המועמד ללימודי תואר דוקטור. ההמלצה תעבור לוועדת לימודי מוסמכים של הפקולטה לאישור סופי.

#### ■ בחינת מועמדות

סטודנט לתואר דוקטור במעמד "מן המניין" – הצעת המועמדות (התיאור התמציתי) תוגש תוך 11 חודשים מתחילת ההשתלמות.

■ סטודנט לתואר דוקטור במעמד "משלים" – הצעת המועמדות (התיאור התמציתי) תוגש תוך 11 חודשים מהמעבר למעמד "מן המניין".

#### דרישות לימודי ההשלמה

לימודי ההשלמה נועדו להקנות למשתלם את הרקע ההנדסי הספציפי הדרוש להתמחותו ולביצוע עבודת המחקר.

מקצועות ההשלמה בהנדסה ביו-רפואית יהיו מתוך המקצועות העיוניים הנלמדים במסגרת לימודי תואר ראשון בפקולטה, למעט מעבדות, פרויקטים ומקצועות סמינרים. מקצועות ההשלמה ייבחרו על ידי המנחה הארעי ויאושרו על ידי הוועדה הפקולטית ללימודי מוסמכים. ההשלמה כוללת מקצועות לימוד במדעי החיים ובהנדסה ביו-רפואית, לפי המכסה המתוארת בטבלה.

#### מקצועות ההשלמה במדעי החיים – 11.5-10 נקודות:

על הסטודנט המשלים לקבל ממוצע ציונים במקצועות ההשלמה מעל 83, כאשר בכל מקצוע הציון יהיה מעל 75. בתקופת ההשלמות הסטודנט יהיה במעמד של "סטודנט משלים". רק לאחר סיום ההשלמות יעבור למעמד של "סטודנט מן המניין".

#### מידע נוסף

מזכירות לימודי מוסמכים בהנדסה ביו-רפואית

טל. 04-8294130, פקס. 04-8294599

אתר: www.bm.technion.ac.il

ד. בוגר פקולטה הנדסית/מדעית בעל ציון ממוצע 83-80 ובוגר מדעי החיים/אחרים בעל ציון ממוצע 87-84 שהוחלט לקבלם, יחויבו אף הם בדרישות הנ"ל, אולם יתקבלו תחילה במעמד "משלים", כאשר במשך שנת הלימודים הראשונה יהיה עליהם ללמוד לפחות חמישה מקצועות ברמת הסמכה/מוסמכים בהתאם לקביעת הוועדה, להשיג בהם ממוצע 80 לפחות וציון 75 לפחות בכל מקצוע.

**המדדים לקבלה הינם:** הישגים בתארים קודמים, מציאת מנחה פוטנציאלי והצגת נושא מחקר, קורות חיים והמלצות.

בעת ההרשמה יש לציין בטופס שמות של 2-3 ממליצים. הוועדה תפנה לממליצים בהתאם לשיקוליה. בוגרי המחלקה פטורים מהגשת שמות ממליצים.

**דרישות הלימוד:** צבירה של 18 נקודות והגשת עבודת מחקר. לפחות 2/3 מהנקודות יהיו ממקצועות הפקולטה.

#### מועד הבקשה להגשת נושא המחקר ואישורו:

סטודנט מן המניין - תוך סמסטר מתחילת ההשתלמות. סטודנט במעמד "משלים" - תוך שני סמסטרים מתחילת ההשתלמות.

### תואר מגיסטר בהנדסה ביו-רפואית (ME)

#### תנאי הקבלה

תנאי הקבלה למגיסטר בהנדסה (ME) זהים לתנאי הקבלה למגיסטר למדעים (MSc).

#### דרישות הלימוד

צבירה של 40 נקודות לימוד, ללא הגשת תזה. לפחות 2/3 מהנקודות יהיו ממקצועות הפקולטה.

#### מעבר למסלול עם תזה

ניתן לעבור למסלול עם תזה, בהמלצת המנחה ובאישור הוועדה ללימודי מוסמכים, במקרה שהמועמד נמצא מתאים ושהוגדר נושא מחקר מתאים, או שהעבודה התפתחה לממדים המצדיקים הגדרתה כעבודת גמר או מחקר.

#### המשך לימודים לתואר דוקטור

סטודנט המסיים תואר שני בנתיב "ללא תזה" ומעוניין להמשיך בלימודי דוקטורט, יידרש להשלים עבודת מחקר במסגרת לימודים "ללא לתואר" בביה"ס ללימודי מוסמכים.

#### לימודים לתואר דוקטור לפילוסופיה (PhD)

ההשתלמות לתואר "דוקטור לפילוסופיה" (PhD) בפקולטה להנדסה ביו-רפואית מיועדת לסטודנטים מצטיינים בעלי זיקה למחקר בשטח של הנדסה ביו-רפואית. המועמד חייב בדרך כלל להיות בעל תואר שני והישגיו בלימודים ובמחקר חייבים להיות טובים מאוד. כמו כן, החלטת הוועדה הפקולטית ללימודי מוסמכים תתבסס על תעודות, קורות חיים, הישגים מקצועיים, מכתבי המלצה מקצועיים והמלצת ועדה מראיית.

#### תנאי קבלה

- על המועמד לעמוד בדרישות של ציון ממוצע מעל 85 בלימודי המגיסטר וציון תזה מעל 85.
- מועמד שאינו בעל רקע הנדסי וכן מועמד בעל תואר דוקטור ברפואה, יחויב במקצועות השלמה בהיקף של 15 נקודות במדעים ובהנדסה ביו-רפואית, חלקם ברמת הסמכה. מקצועות ההשלמה ייקבעו בהתאם לרקע האקדמי של

טבלת דרישות השלמה – הנדסה ביו-רפואית

לימודים לקראת התואר	רקע אקדמי קודם	מספר נקודות השלמה	הערות
<b>PhD</b>	MSc בהנדסה	10.5-11	מקצועות מדעי החיים
	MD	15	מקצועות בהנדסה ביו-רפואית בלבד
	MSc במדעים מדוייקים	15	עד 11 נקודות במדעי החיים
	MSc במדעי החיים	15	עד 5 נקודות במדעי החיים
	הנדסה	10.5-11	מקצועות מדעי החיים
<b>מגיסטר למדעים בהנדסה ביו-רפואית או מגיסטר להנדסה ביו-רפואית</b>	תואר תלת-שנתי במדעים מדוייקים	30	עד 11 נקודות במדעי החיים
	תואר תלת-שנתי במדעי החיים	30	עד 5 נקודות במדעי החיים
	תואר ארבע-שנתי במדעים	20	עד 11 נקודות במדעי החיים
	תואר ארבע-שנתי במדעי החיים	20	עד 5 נקודות במדעי החיים
<b>מגיסטר למדעים</b>	<b>לפי הצורך, עד למכסה של MSc בהנדסה ביו-רפואית</b>		