

# פקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל

## חברי הסגל האקדמי

**דיקן הפקולטה**  
פרנקל יצחק

### פרופסורים

אושמן יעקב  
בן-אשר יוסי  
גבעולי דן  
גורפיל פנחס  
כהן יעקב  
נתן בני  
פרנקל יצחק  
רנד עמרי  
שימא טל

### פרופסור אורח

גל יעקב  
שר ערן

### פרופסור מחקר אמריטוס

ויס דניאל

### פרופסורים אמריטי

גלמן משה  
גני אלון  
גרינברג גירולד ברי  
דורבן דוד  
וולפשיין מיכה  
וולר תנחום  
טמבור יורם  
לוי ישעיהו  
נסים אליהו  
קרפל מרדכי  
רוזן אביב

### פרופסורים חברים

אברמוביץ חיים  
אידן משה  
זלזו דניאל  
יודילביץ גיל  
יוסילבסקי גיל  
רווה דניאלה

### פרופסורים משנה

אינדלמן ואדים  
מנלה אבשלום  
קרונהאוז יגאל

### מרצים בכירים

ג'קובי איאן  
לפקוביץ יוסף  
מייקלס דן  
סטלנוב אוקסנה  
צ'יקורל בני

## תאור היחידה

הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל בטכניון פתחה את שעריה בשנת 1954, לאחר שראש הממשלה הראשון של המדינה, מר דוד בן-גוריון, הבין שלא תיתכן עליונות אווירית ישראלית בסביבה העוינת בה הוקמה המדינה ללא עליונות מדעית וטכנולוגית, ושעליונות כזאת לא ניתנת לרכישה מן המדף, אלא יש לפתחה ולחזקה "בבית" פנימה. גם כיום, למעלה מ-60 שנה לאחר היווסדה, זאת הפקולטה היחידה להנדסת אוירונטיקה וחלל במדינה, והיא נושאת באחריות הכבדה של חינוך דורות של מהנדסי אוירונטיקה וחלל המשולבים בכל דרגי ההנדסה והפיתוח בתעשיות האוויר-חלל בישראל.

הפקולטה התרחבה והתפתחה במהירות, במקביל להתפתחותן של התעשיות האווירונטיות והתעשיות עתירות הידע בישראל. התרחבות הפקולטה, בהוראה ובמחקר, הוצאה משמעותית לאחר מלחמת ששת הימים בעקבות ההרחבה הניכרת בהיקף הפעילות בהנדסה אוירונטית בפתוח ובייצור מערכות מוטסות בתעשייה האווירית, ברפאל ובתעשיות הביטחוניות, ועם תחילת עידן הפיתוח והייצור של מטוסים כחול-לבן בתעשייה האווירית,

שהביאו להגדלת הביקוש למהנדסים אוירונטיים ולצורך בביצוע מחקרים ופיתוחי תשתית רבים.

מהנדסי האוויר-חלל בישראל, בוגרי הפקולטה, מעורבים בפיתוח, בתיכון, בייצור בהפעלה, בבקרת טיסה ובתחזוקה של מערכות מוטסות, באטמוספירה ובחלל, כגון: מטוסים ומסוקים, כלי טייס בלתי מאוישים, טילים ומערכות לשיגור טילים, אמצעי הנעה סילוניים ורקטיים, מערכות נשק מוטסות ולוויינים, וכן בפיתוח התשתית של מדעי התעופה והחלל כחלק ממדעי ההנדסה. הודות לבוגרי הפקולטה, ישראל היא כיום מעצמה בקנה מידה עולמי בתחום כלי הטייס הבלתי-מאוישים (היא היצואן מס' 1 בעולם של מערכות אלו, לפני ארה"ב ומעצמות אחרות), והיא נמנית על מועדון מצומצם ואקסקלוסיבי של מדינות המפתחות, בונות, ומשגרות לוויינים עבור מיגוון רחב של יישומים, מלווייני ביון ועד לווייני תקשורת. המערכות הטיליות המפותחות במדינה, הכוללות את מערכות הטילים נגד טילים "חץ", "כיפת ברזל", ו- "שרביט קסמים", כמו גם טילי אויר-אויר מהמתקדמים בסוגם, הפכו לשם דבר בעולם, והתעשייה האווירית מפתחת ובונה את מטוסי המנהלים הטובים בעולם בקטגוריה שלהם. הישגים מופלאים אלו ורבים נוספים לא היו אפשריים לולא אותה החלטה אמיצה של בן גוריון ובני דורו על הקמת הפקולטה (אז – מחלקה) להנדסה אוירונטית.

מסגרת הפעילויות הרחבה והמגוונת באוויר-חלל מאפשרת למהנדס לבחור תחום שבו יתן ביטוי לנטיותיו האישיות. כיום חלק ממהנדסי האווירונטיקה והחלל עוסק בעבודות ניסוי במעבדות; אחרים מפתחים תוכנות מחשב לצרכים אוירונטיים; יש העוסקים בעבודה עיונית ומתמטית במדעי התעופה והחלל ויש המתכננים מערכות או מנהלים פרויקט באחד התחומים של הנדסת אוירונטיקה וחלל. חשוב לציין שהידע הרחב, שמקבל בוגר הפקולטה, כמו גם החינוך הייחודי והמערכתי מיסודו, מספקים לו את הכלים ואת היכולת להשתלב בתחומי מדע, טכנולוגיה והנדסה רבים – לא רק בהנדסת אוירונטיקה וחלל. השליטה בתחומי פעילות שונים ומגוונים מאפשרת לבוגר לעבוד גם בתחומים נוספים, ולפיכך מומלץ למי שרוצה להיות מהנדס טוב לבחור בפקולטה ללימודי התואר הראשון שלו – גם ללא קשר לעיסוק שלו בהמשך הקריירה.

לבוגרי המסלול אפשרויות תעסוקה שונות ומגוונות. חלקם מועסק ע"י גופים גדולים כגון התעשייה האווירית, על כל מפעליה, אלבטי מערכות, רפאל ומערכת הביטחון (חיל האוויר, התעשייה הצבאית). רבים ממהנדסי האווירונטיקה והחלל בישראל מועסקים גם ע"י חברות עתירות ידע שונות, פרטיות וציבוריות, לפיתוח כלי טייס לאטמוספירה ולחלל ולפיתוח טכנולוגיות חדשות. ניתן למצוא חלק גדול מהבוגרים כמהנדסי מערכת בתעשיות שונות ובעמדות ניהול בכירות הדורשות הבנה והתמצאות רב-תחומית.

על מנת להכשיר מהנדסים שיעסקו במגוון המשימות וידעו להתמודד עם האתגרים שהמקצוע מצביא בפניהם, תוכנית הלימודים של הפקולטה תוכננה כך שתקנה לסטודנטים רקע תיאורטי וניסויי רחב ככל האפשר, על מנת לאפשר להם להתפתח ולהתקדם וגם להיות מהנדסי מערכת המובילים פיתוחים של פרויקטים מורכבים ומנהלים בתעשיות האוויר-חלל. תכנית הלימודים מורכבת מרכישת ידע ומיומנויות במדעים הבסיסיים ובמדעי ההנדסה, וביסודות של כל תחומי האווירונטיקה והחלל: אווירודינמיקה; מבנים; הנעה; בקרה, ניווט והנחיה; הנדסת חלל, ותכן וייצור של כלי טייס. בסמסטרים האחרונים ללימודים מועמק הידע בתחומים שונים לפי בחירת הסטודנט ומוקנה ידע במקצועות מערכתיים כלליים. בשנת הלימודים האחרונה הסטודנטים מבצעים, לפי בחירתם, פרויקט בו מפותחת מערכת מורכבת מתחומי האווירונטיקה או החלל (מטוס, טיל, לוויין וכדומה). מדי שנה משתתפת הפקולטה בתחרות בינלאומית עם אחד מן הפרויקטים האלו – בדרך כלל מטוס זעיר ללא טייס (מזל"ט) אוטונומי המבצע משימות מוכתבות – ומשיגה בתחרות זאת תוצאות מכובדות.

## תוכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר יש לצבור 160 נקודות לפחות לפי הפרוט הבא:

99.5	נק'	מקצועות חובה
17 או 18	נק'	מקצועות ברירה פקולטיים
32.5 או 33.5	נק'	מקצועות בחירה פקולטיים
10	נק'	מקצועות בחירה חופשית:
		6 נק' העשרה
		4 נק' בחירה חופשית

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

### מקצועות החובה – השינוץ המומלץ לפי סמסטרים

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 1
4	2	-	5.0	104018 חדו"א מ'1
4	2	-	4.5	104019 אלגברה לינארית מ
2	1	-	2.5	114051 פיסיקה 1
2	2	2	4.0	234112 מבוא למחשב-שפת C
2	2	-	3.0	125001 כימיה כללית
4	-	-	3.0	324033 אנגלית טכנית-מתקדמים ב
18	9	2	22.0	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 2
4	2	-	5.0	104022 חדו"א מ'2
2	1	-	2.5	104131 משוואות דיפ. רגילות ח'
3	1	-	3.5	114052 פיסיקה 2
3	2	-	4.0	084506 מכניקת המוצקים
2	1	-	2.5	314200 מבוא להנדסת חומרים לתעופה
-	2	-	1.0	394800 חינוך גופני
2	-	-	(2.0)	085201 מבוא להנדסת אוירונטיקה וחלל -
16	9	-	(20.0)	(בחירה חופשית מומלץ – לא חובה)
16	9	-	18.5	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 3
2	1	-	2.5	104215 פונקציות מרוכבות א'
2	2	-	3.0	104228 משוואות דיפרנציאליות חלקיות מ'
3	2	-	4.0	084213 תרמודינמיקה
3	2	-	4.0	084225 דינמיקה מ'
3	2	-	4.0	094411 הסתברות ת'
-	2	-	1.0	394801 חינוך גופני
13	11	-	18.5	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 4
2	1	-	2.5	084135 אנליזה נומרית מ'
3	1	-	3.5	084311 אוירודינמיקה בלתי דחיסה
2	1	-	2.5	084515 מבוא לתורת האלסטיות
2	4	-	4.0	084630 שרטוט הנדסי ממוחשב
2	1	1	3.0	084737 מערכות דינמיות
3	1	-	3.5	114054 פיסיקה 3
14	9	1	19.0	

סדנא במטלב – רשות, ללא זיכוי בנקודות

תכנית הלימודים של הפקולטה הינה ארבע-שנתית ומובילה לתואר "מוסמך למדעים בהנדסת אוירונטיקה וחלל". למעוניינים בהעמקת הידע, בעקר המדעי, הפקולטה מאפשרת ומעודדת לימודים בכל הדיסציפלינות בתחומי האוירונטיקה והחלל לתואר שני (מגיסטר), עם וללא תזה, ולתואר דוקטור. סטודנטים מצטיינים יכולים להיכלל בתוכנית לימודים מיוחדת אשר במסגרתה יוכלו לסיים תואר שני ללא תזה בחמש שנות לימוד. כמו כן פתחה הפקולטה לאחרונה תכנית מיוחדת הקרויה "גבהים" עבור סטודנטים מעולים בלימודי הסמכה. התכנית מיועדת לטפח את מצטייני הפקולטה ולקדם אותם לקראת מחקר כבר במהלך לימודי התואר הראשון. פרטים על תכנית זאת מצויים באתר האינטרנט של הפקולטה.

### לימודים לקראת תואר ראשון נוסף הכולל תעודת הוראה

במקביל ללימודים לקראת תואר ראשון בפקולטה, קיימת אפשרות ללימודי תואר ראשון נוסף (הכולל תעודת הוראה) בפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה. לימודי התואר הראשון הנוסף הם באחת משמונה מגמות ההתמחות הבאות: הוראת מתמטיקה, הוראת פיסיקה, הוראת כימיה, הוראת ביולוגיה, הוראת מדעי המחשב, הוראת מדעי הסביבה, הוראת טכנולוגיה-מכונות, הוראת אלקטרוניקה-חשמל.

משרד החינוך מעניק למקבלי תואר זה רישיון הוראה בבתי ספר על יסודיים בתחום ההתמחות. הלימודים בהיקף של לפחות 36 נקודות. על לימודים אלה חלות כל התקנות הטכניוניות לגבי תואר ראשון נוסף. פרטים בפרק "הפקולטה לחינוך למדע וטכנולוגיה".



**מקצועות בחירה**

יש לבחור לפחות 24 נק' בשלושה מתוך שבעת האשכולות המפורטים בהמשך. 8 נק' לפחות בכל אשכול נבחר. את שאר הנקודות הנדרשות ניתן לבחור מתוך כלל מקצועות הבחירה של הפקולטה, כאשר ניתן גם לבחור מקצועות מפקולטות אחרות בהיקף של עד 6 נקודות, מתוך רשימת המקצועות המפורסמת באתר הפקולטה.

**מקצועות אשכול אוירודינמיקה ואירואקוסטיקה**

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
1.0	-	2	-	085326	סדנא לאוירודינמיקה חישובית
3.0	-	-	3	086172	שיטות נומריות בהנדסת אויר
3.0	-	-	3	086320	מעבר חום בהנדסת אויר-חלל
3.0	-	-	3	086321	נושאים נבחרים בתורת הזרימה 1
3.0	-	-	3	086366	מבוא לזרימה טורבולנטית
3.0	-	-	3	086376	אוירודינמיקה חישובית
3.0	-	-	3	086380	מבוא לשכבות גבול
3.0	-	-	3	086385	מבוא לזרימת גזים קלושים
3.0	-	-	3	086389	אוירודינמיקה של גופים וכנפיים
3.0	-	-	3	086390	מבוא לאוירואקוסטיקה
3.0	-	-	3	086395	אוירואקוסטיקה של כלי טייס
3.0	-	-	3	086800	יסודות הזרימה השגיא קולית
3.0	-	-	3	086802	שיטות בדמיות והערכה

**מקצועות אשכול אוירונטיקה**

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
2.5	-	1	2	084220	מכניקת הטייס 1
2.5	-	1	2	084221	מכניקת הטייס 2
2.0	-	-	2	085530	חקר כשל בתעופה
3.0	-	-	3	086241	אוירואלסטיות 1
3.0	-	-	3	086201	בליסטיקה חיצונית ודינמיקת קליעים
3.0	-	-	3	086219	דינמיקה ואוירודינמיקה של מסוקים
3.0	-	1	2	086755	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס

**מקצועות אשכול אסטרונוטיקה**

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
2.5	-	1	2	084913	יסודות הנדסת חלל
3.0	-	-	3	085691	מבוא לתכן מכני של לוויין
3.5	-	1	3	085915	מכניקת גופים בחלל
2.5	-	1	2	085920	הנעה חשמלית לחלל
3.0	-	-	3	086288	לווייני תקשורת
3.0	-	-	3	086290	בקרת מסלולי לוויינים
3.0	-	-	3	086921	נושאים נבחרים בהנדסת חלל 1
3.0	-	-	3	086923	אסטרודינמיקה
3.0	-	-	3	086924	יסודות הנדסת פלסמה
3.0	-	-	3	086925	חשיה של כדה"א מהחלל

**מקצועות אשכול הנחיה, ניווט, בקרה, ומערכות אוטונומיות**

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
3.0	-	-	3	085735	מערכות מדידים ביישומי אויר-חלל
3.0	-	-	3	086220	מערכות בקרה ספרתית
3.0	-	-	3	086289	בקרת מערכות רבות קלט פלט
3.0	-	-	3	086290	בקרת מסלולי לוויינים
3.0	-	-	3	086312	בקרה לא ליניארית
3.0	-	-	3	086721	נושאים נבחרים בבקרה תעופתית 1
3.0	-	-	3	086730	מערכות דינמיות מרושתות
3.0	-	-	3	086733	תהליכים אקראיים
3.0	-	1	2	086755	דינמיקה ובקרה אוטומטית של כלי טיס
3.0	-	-	3	086759	מערכות ניווט
3.0	-	-	3	086760	עקרונות הנחיה וביות
3.0	-	-	3	086761	ניווט נעזר ראייה ממוחשבת
3.0	-	-	3	086777	תורת השערך

**סמסטר 5**

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
-	-	-	-	044102	*קורס בטיחות במעבדות חשמל
2.5	-	1	2	084312	זרימה דחיסה, כונסים ונחירים
3.5	-	1	3	084314	זרימה צמיגה ומעבר חום
3.5	-	1	3	084641	תכן וייצור תעופתי
3.0	1	1	2	084738	תורת הבקרה
2.5	3	-	1	084154	שיטות ניסוי בהנדסת אויר-חלל
2.5	-	1	2	**	(מקצועות ברירה - ליבה אוירונטיקה או אסטרונוטיקה (2.5 נק', ראו פרוט בהמשך)
17.5	4	5	13		

\* 4 שעות הרצאה, חד-פעמי. חובה לפני ביצוע המעבדות בקורס מבוא להנדסת חשמל לתעופה וחלל. ללא זיכוי בנקודות.

**סמסטר 6**

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
4.0	1	1	3	044098	מבוא להנדסת חשמל לתעופה וחלל
2.5	-	1	2	084143	הנדסת מערכות אויר-חלל
2.5	6	-	-	***	שיטות ניסוי מתקדמות
				**	מקצועות ברירה - ליבה אוירונטיקה או אסטרונוטיקה (5 או 6 נק' ראה פרוט בהמשך)

**סמסטר 7**

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
3.0	-	1	2	****	פרויקט תכן 7
1.0	-	2	-	****	סמינריון

**סמסטר 8**

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
3.0	-	1	2	****	פרויקט תכן 8

**מקצועות ברירה**

\*\* חובה לבחור אחת מבין שתי קבוצות מקצועות הליבה הבאות:

מקצועות ליבה אוירונטיקה:

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
2.5	-	1	2	084220	מכניקת הטייס 1 (סמסטר 5)
2.5	-	1	2	084221	מכניקת הטייס 2 (סמסטר 6)
2.5	-	1	2	085406	הנעה רקטית או 085407 מנועי סילון (סמסטר 6)

מקצועות ליבה אסטרונוטיקה:

נק'	מ'	ת'	ה'	מספר	שם
2.5	-	1	2	084913	יסודות הנדסת חלל (סמסטר 5)
3.5	-	1	3	085915	מכניקת גופים בחלל (סמסטר 6)
2.5	-	1	2	085406	הנעה רקטית או 085920 הנעה חשמלית לחלל (סמסטר 6)

\*\*\* יש לבחור קורס אחד בשיטות ניסוי מתקדמות, מבין: 085305 מעבדה בזרימה, 085405 מעבדה בהנעה, 085455 מעבדה בטורבינות, 085505 מעבדה במבנים, 085705 מעבדה בבקרה, 085220 מעבדה במכניקת הטיס, 085905 מעבדה בלוויינות, 086484 שיטות מדידה מתקדמות בזרימה והנעה, 085156 פרויקט ניסוי. הבחירה תעשה בהתאם לבחירת האשכולות.

\*\*\*\* יש לבחור סמינריון אחד בלבד, מבין: 085801 סמינריון בזרימה, 085802 סמינריון במבנים, 085803 סמינריון בהנעה, 085804 סמינריון בבקרה, 085805 סמינריון בחלל, 085806 סמינריון בתכן. הבחירה תעשה בהתאם לבחירת האשכולות.

\*\*\*\*\* על הסטודנט לבחור בסמסטר 7 אחד מפרויקטי תכן 7/8 שנתי (084653 - 084670).

## לימודים לתארים מתקדמים

הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל מציעה מגוון רחב של אפשרויות להשתלמות לתואר שני ולתואר שלישי. מועמדים בוגרי הפקולטה וכן בוגרים של פקולטות ומחלקות הנדסיות או מדעיות שונות (כגון: הנדסת חשמל, הנדסת מכונות, פיסיקה, כימיה ועוד) מוזמנים להגיש מועמדותם.

### במסגרת ההשתלמות ניתן להתמחות בשטחים הבאים:

#### אירודינמיקה ומכניקת הזורמים

אירודינמיקה של גופים, מכניקת זורמים, בליסטיקה, מעבר חום ומסה, שיטות מספריות בזרימה, אוירואקוסטיקה, דינמיקת גזים קלושים.

#### מבנה ומכניקת המוצקים

מכניקת המוצק, יציבות וקריסה, אלמנטים סופיים, מבנים וחומרים מרוכבים, עמידות וכשל, מבנים נבונים, חומרים ביולוגיים, אקטיביים, bio-inspired and meta-materials, הדפסה תלת ממדית.

#### הנחיה, ניווט ובקרה

הנחיית טילים, ניווט (כולל ניווט נסמך ראייה ממוחשבת ואוטונומית), בקרת תעופה, שיערוך מצב ופרמטרים, זיהוי מערכות, גילוי וזיהוי תקלות, בקרה במערכות מרושתות, מערכות אדם-מכונה.

#### הנעה ושריפה

הנעה סילונית, הנעה רקטית בהודף מוצק, גיל והיברידי שריפה, הנעה במנועי מגח סילון, תהליכי שריפה, אנרגיה ומעבר חום, הנעה חשמלית בחלל.

**נושאים בין תחומיים** כמו אוירואלסטיות, מסוקים, בקרת מבנים, תיאוריות ומתודולוגיות תכן, מערכות כלי טיס וחלל. מפעילי פלסמה.

בכל השטחים קיימת אפשרות למחקר בשיטות אנליטיות, ניסוייות או חישוביות. לפקולטה מעבדות מתקדמות בכל השטחים הנ"ל וכן חוות מחשבים מצוידות היטב. למשתלמים לתארים גבוהים יש גם אפשרות לנצל את מערך המחשבים המתקדם של הטכניון.

**בעת מילוי טופסי הרישום על המועמד לציין את השטח בו הוא מעוניין לבצע את התמחותו.** מומלץ כי בעת הרישום יציע המועמד מנחה מסגל הפקולטה בשטח ההתמחות שבחר. אם המועמד לא יבחר מנחה, או אם המנחה המיועד לא יוכל להנחות את המועמד, תמנה לו הוועדה לתארים מתקדמים בפקולטה מנחה מתאים. בכל מקרה, המנחה ימונה כמנחה ארעי ועם אישור נושא המחקר, הפרויקט או עבודת הגמר, ימונה המנחה הקבוע.

### לימודים לתואר מגיסטר

מטרת הלימודים לתואר מגיסטר היא להרחיב את ידיעותיו של הסטודנט בשטח האוירונטיקה והחלל לדרגה גבוהה מזו שרכש בלימודי הסמכה ולאמנו בשיטות מחקר. מטרה זו מושגת על ידי לימוד מקצועות ברמת תארים מתקדמים, השתתפות בסמינרים מקצועיים ועבודת מחקר, פרויקט באחד משטחי ההתמחות או עבודת גמר. בנתיב מגיסטר "ללא תזה", שיפורט להלן, לא נדרשת כתיבת תזה אולם יש ללמוד מספר גדול יותר של מקצועות. הקורסים המוצעים נבחרו כך שהמשתלם יוכל להרחיב את אופקיו המקצועיים, והם כוללים גם התפתחויות מדעיות ומקצועיות עדכניות, כך שהמשתלם יוכל להגיע לחזית הידע בשטח התמחותו.

### מקצועות אשכול הנעה והמרת אנרגיה

ה'	ת'	מ'	נק'	מספר	שם
2	1	-	2.5	085406	הנעה רקטית
2	1	-	2.5	085407	מנועי סילון
3	-	-	3.0	086401	מערכות הנעת כלי טיס
3	-	-	3.0	086403	הנעה רקטית בהודף מוצק
3	-	-	3.0	086414	מנועי מגח סילון
3	-	-	3.0	086461	נושאים נבחרים באמצעי הנעה 1
3	-	-	3.0	086470	מבוא לשריפה על קולית
3	-	-	3.0	086478	תהליכי שריפה
3	-	-	3.0	086480	טרברו מכונות
3	-	-	3.0	086483	זרימה מעבר חום וביצועי מנועי סילון
3	-	-	3.0	086484	שיטות מדידה מתקדמות בזרימה
					לבוחרים אשכול זה מומלץ ללמוד את הקורסים
					הנעה רקטית 085406 ומנועי סילון 085407.

### מקצועות אשכול מכניקת מבנים וחומרים

2	-	-	2.0	085550	התנהגות לא אלסטית של מוצקים
3	-	-	3.0	086241	אוירואלסטיות 1
3	-	-	3.0	086520	בעיות מצומדות בחומרים פונקציונליים לא ליניאריים
3	-	-	3.0	086521	נושאים נבחרים במבנים אויר-חלל 1
3	-	-	3.0	086534	מבוא לניטור בריאות מבנים
3	-	-	3.0	086535	מכניקת השבר במבנים תעופתיים
3	-	-	3.0	086574	אלמנטים סופיים בהנדסה אוירונטית
3	-	-	3.0	086577	דינמיקת מבנים
3	-	-	3.0	086583	תכן מבנה מטוסים
3	-	-	3.0	086901	מבוא למערכות מבנים נבונים
3	-	-	3.0	087532	תורת היציבות של מבנים

### מקצועות אשכול תכן והנדסת מערכות

2	-	-	2.0	085530	חקר כשל בתעופה
-	4	-	2.0	085634	פרויקט תכן מכני
2	-	-	2.0	085640	תמיכה כוללת במוצר אויר-חלל
-	-	-	3.0	085677	פרויקט בייצור ואחזקת כלי טיס 1
-	-	-	3.0	085678	פרויקט בייצור ואחזקת כלי טיס 2
3	-	-	3.0	085691	מבוא לתכן מכני של לוויין
3	-	-	3.0	085695	תכן ראשוני של מטוסים
3	-	-	3.0	086233	נושאים נבחרים בהנדסת מערכות
2	-	-	2.0	086650	תכן מערכות סרוו
2	-	-	2.0	086651	תכן מערכות מכ"מ
3	-	-	3.0	086670	תכן קונספטואלי למהנדסי אויר-חלל

### מקצועות בחירה נוספים

2	-	3	2.5	085156	פרויקט ניסוי
-	-	-	3.0	085851	פרויקט מחקר 1
-	-	-	3.0	085852	פרויקט מחקר 2
3	-	-	3.0	086172	שיטות נומריות בהנדסת אויר-חלל

### מקצועות בחירה חופשית בלבד

-	-	2	1.5	085101-4	תעופה ספורטיבית
-	-	2	2.0	085201	מבוא להנדסת אוירונטיקה וחלל

### מידע נוסף:

מזכירות לימודי הסמכה בפקולטה טל': 04-8292758  
ae.ugsec@technion.ac.il

אתר האינטרנט של הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל:  
<http://aerospace.technion.ac.il>

בנתיב עבודת גמר ו-20 נקודות בנתיב מחקר או פרויקט. כמו כן יש לבצע מחקר או פרויקט בהיקף מתאים: 12 נקודות בנתיב עבודת הגמר ו-20 נקודות בנתיבים האחרים (מספרים אלה אינם כוללים נקודות השלמה).

**נתיב מחקר:** היקף התואר 40 נק' מתוכן היקף העבודה 20 נק' והיקף המקצועות 20 נק'.

**נתיב פרויקט:** היקף התואר 40 נק' מתוכן היקף הפרויקט 20 נק' והיקף המקצועות 20 נק'.

**נתיב עבודת גמר:** היקף התואר 40 נק' מתוכן היקף העבודה 12 נק' והיקף המקצועות 28 נק'.

**ללא תזה:** היקף התואר 40 נק' מתוכן היקף פרויקט הסיום 6 נק' והיקף המקצועות 34 נק'.

**מעבר ממסלול מגיסטר להנדסה למסלול מגיסטר למדעים:** על המשתלם לצבור 12 נק' במוצע 85 לפחות, וכן למצוא מנחה לתזה.

**מעבר למסלול ישיר לדוקטורט:** על המשתלם לעמוד בדרישות הקבלה הפקולטיות ובתנאי ביה"ס לתארים מתקדמים המפורטים בתקנה 24.07 של ביה"ס לתארים מתקדמים.

**דרישות השלמה לבוגרי פקולטות אחרות:**

סטודנט בעל תואר ראשון מפקולטה להנדסה השונה מהנדסת אוירונטיקה וחלל, המעוניין לקבל תואר "מגיסטר למדעים בהנדסת אוירונטיקה וחלל" יחויב להשלים 20.5 נקודות לפי הפרוט הבא:

084311	אורודינמיקה בלתי דחיסה	3.5 נקודות
084312	זרימה דחיסה	2.5 נקודות
084515	מבוא לתורת האלסטיות	3.5 נקודות
084738	תורת הבקרה	3.0 נקודות
084220	מכניקת הטיס 1	2.5 נקודות
084221	מכניקת הטיס 2	2.5 נקודות
<b>אחד משני המקצועות הבאים:</b>		
084401	מנועי סילון	3.0 נקודות
084404	הנעה רקטית	3.0 נקודות

הסטודנט יוכל לקבל פטור ממקצועות בהם יוכיח ידע. סטודנט כזה המעוניין לקבל תואר "מגיסטר למדעים" (ללא ציון שם הפקולטה) יחויב במקצועות השלמה על פי המלצת המנחה ובאישור הוועדה לתארים מתקדמים (ראה תקנה 22.02 של ביה"ס לתארים מתקדמים).

**דרישות השלמה לבוגרי תואר תלת שנתי:**

ועדת תארים מתקדמים תדון בכל מועמד ותחייב אותו בהשלמות (ראה תקנה 23.03 לתקנות ביה"ס לתארים מתקדמים).

**דרישות השלמה במסלול ללא תזה:**

משתלמים אשר אינם בוגרי הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל יידרשו בהשלמות ע"פ המלצת הוועדה לתארים מתקדמים.

**המחקר או הפרויקט**

(להוציא בנתיב המוביל לתואר "מגיסטר להנדסה בהנדסת אוירונטיקה וחלל")

מטרת המחקר לקראת התואר מגיסטר (בהיקף 20 נקודות) היא להקנות למשתלם שיטות מתקדמות של מחקר ופיתוח. מטרת הפרויקט (בהיקף 20 נקודות) היא לאמן את המשתלם בשיטות מתקדמות של תכן הנדסי. מטרת עבודת הגמר (בהיקף 12 נקודות) היא גיבוש הידע שנרכש בלימודי המגיסטר. המחקר או

במסגרת הלימודים לתואר מגיסטר ניתן לבחור באחד הנתיבים הבאים:

**"מגיסטר למדעים בהנדסת אוירונטיקה וחלל"**

למשתלמים שקיבלו תואר ראשון בהנדסת אוירונטיקה וחלל או עברו השלמות מתאימות.

**"מגיסטר למדעים"**

למשתלמים אשר התואר הראשון שלהם אינו בהנדסת אוירונטיקה וחלל, ואינם נדרשים להשלים את החסר לתואר הראשון.

**"מגיסטר להנדסה בהנדסת אוירונטיקה וחלל"**

(ללא כתיבת תזה)

למשתלמים בוגרי הנדסת אוירונטיקה וחלל המעוניינים בהעמקת הידע בשטחי התמחותם על ידי לימוד מספר גדול יותר של מקצועות. בנתיב זה מומלצת השתלמות בשטח ראשי מבין השטחים הפקולטיים. הסטודנטים הרשומים לתכנית ה-5 שנתית יקבלו תואר זה. במקרים מיוחדים ניתן יהיה לפנות לוועדת תארים מתקדמים בבקשה מנומקת למעבר מנתיב זה לנתיב השתלמות עם תזה. (ראה תקנה 21 של ביה"ס לתארים מתקדמים).

**"מגיסטר להנדסה"**

(ללא כתיבת תזה)

למשתלמים אשר התואר הראשון שלהם אינו בהנדסת אוירונטיקה וחלל, ואינם נדרשים להשלים את החסר לתואר הראשון.

בנתיב זה מומלצת השתלמות בשטח ראשי מבין השטחים הפקולטיים. הסטודנטים הרשומים לתכנית ה-5 שנתית יקבלו תואר זה. במקרים מיוחדים ניתן יהיה לפנות לוועדת תארים מתקדמים בבקשה מנומקת למעבר מנתיב זה לנתיב השתלמות עם תזה. (ראה תקנה 21 של ביה"ס לתארים מתקדמים).

**תנאי הקבלה**

על המועמדים ללימודים לקראת התואר מגיסטר, לעמוד בתנאי הקבלה של בית הספר לתארים מתקדמים. מועמדים בינ"ל לתארי מגיסטר יידרשו לעמוד בבחינת GRE בציונים שיקבעו ע"י הפקולטה, ולמצוא מנחה להשתלמות, טרם קבלתם. ממועמדים בנתיב "מגיסטר למדעים בהנדסת אוירונטיקה וחלל", או בנתיב "מגיסטר למדעים", נדרש ממוצע של 83 ומעלה בלימודי הסמכה, או רמה דומה בתואר הראשון במוסד אחר. בוגר שלא הגיע להישגים אלה בלימודי הסמכה יכול להגיש בקשה לקבלה לאחר שלוש שנות עבודה מקצועית, ובקשתו תישקל לאור המלצות על כישוריו והישגיו המקצועיים.

על מועמד המבקש להתקבל ללימודים לתואר מגיסטר להנדסה ללא תזה, לעמוד בתנאי הקבלה של בית הספר לתארים מתקדמים.

בכל מקרה, הוועדה לתארים מתקדמים בפקולטה שומרת לעצמה את הזכות להתייחס גם לדירוג של המועמד ולזמנו לראיון אישי.

ניתן להכיר במקצועות שנלמדו במסגרת היחידה ללימודי המשך ולימודי חוץ, או באוניברסיטאות אחרות, בהמלצת הוועדה הפקולטית לתארים מתקדמים ובאישור ביה"ס לתארים מתקדמים. (ראה תקנה 23 של ביה"ס לתארים מתקדמים).

**דרישות הלימוד**

על המשתלם ללמוד מקצועות בהיקף הנדרש: 40 נקודות בנתיב ללא תזה (כולל פרויקט גמר בהיקף של 6 נקודות), 28 נקודות

הפרויקט לקראת תואר המגיסטר יכול להתפתח בצורות שונות בהתאם לשטח התמחותו של המשתלם. הוא יכול להיות עיוני, חישובי, ניסויי או שילוב שלהם. הוא יכול לעסוק בנושא בסיסי או הנדסי מעשי. הוא יכול לעסוק בבעיה כללית או בבעיה הנדסית מסוימת (ראה תקנה 27 של ביה"ס לתארים מתקדמים).

**דרישת הפקולטה ממשתלם פנימי (המקבל מלגה), היא להגיש הצעת מחקר יחד עם מנחה קבוע תוך 3 חודשים מתחילת השתלמותו.**

#### **עבודת גמר**

ראה תקנה 28 של ביה"ס לתארים מתקדמים.

#### **החיבור ובחינת הגמר**

ראה תקנה 29 של ביה"ס לתארים מתקדמים.

## **לימודים לתואר דוקטור**

### **תנאי הקבלה**

יתקבלו להשתלמות לתואר "דוקטור לפילוסופיה" מועמדים שסיימו את לימודי המגיסטר (בפקולטות הנדסיות/מדעיות) בציונים גבוהים ומעוניינים בפיתוח יכולתם המחקרית. מהמועמדים ידרשו שלושה מכתבי המלצה מתאימים. משתלמים לתואר דוקטור יכולים להתקבל גם במסלול הישיר (סעיפים 24.07, 32.06) וגם במסלול המיוחד (סעיף 32.05). תנאי הקבלה למסלול המיוחד לתואר דוקטור בפקולטה הם ממוצע מצטבר של 90 לפחות (בלימודי הסמכה) או היות הסטודנט מצטיין נשיא בארבעת הסמסטרים האחרונים, וכן עדות ליכולת מחקרית.

על המועמד לעמוד בדרישות בית הספר לתארים מתקדמים. מועמדים העומדים בדרישות אלה ירואיינו על ידי הוועדה הפקולטית לתארים מתקדמים, אשר תעביר את המלצתה לביה"ס לתארים מתקדמים.

**הליך ההרשמה:** ראה תקנה 32.09 של ביה"ס לתארים מתקדמים.

### **דרישות הלימוד ודרישות כלליות**

מטרת עבודת הדוקטור היא אימון המשתלם בביצוע מחקר מדעי באופן עצמאי. עבודת הדוקטור צריכה לקדם במידה משמעותית את הידע וההבנה בתחום הנחקר ולהיות מתאימה לפרסום בכתב-עת מדעי בעל מוניטין בין-לאומי. רוב זמנו של המשתלם לתואר דוקטור מוקדש לעבודת המחקר. יחד עם זאת מצפים מהמשתלם להשתתף בסמינרים מקצועיים, ללמוד קורסים מתקדמים ולהרחיב את ידיעותיו המקצועיות הן בלימוד עצמי והן בלימוד מקצועות ברמת תארים מתקדמים. משתלם לתואר דוקטור יחויב בדרך כלל בלימוד פורמאלי של מקצועות בהיקף של 9 נקודות לפחות (ראה תקנות 33-37 לתקנות ביה"ס לתארים מתקדמים).

### **מידע נוסף**

מזכירות תארים מתקדמים בפקולטה, טל. 04-8293365

[grad@ae.technion.ac.il](mailto:grad@ae.technion.ac.il)

אתר האינטרנט של הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל:

<http://aerospace.technion.ac.il>