

# הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל

בתחומי מדע, טכנולוגיה והנדסה רבים. השליטה בתחומי פעילות שונים מאפשרת לבוגר לעבוד כמהנדס מערכת, גם בתחומים שאינם מתמחים באוירונטיקה וחלל.

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

על מנת להכשיר מהנדסים שיעסקו במגוון המשימות וידע להתמודד עם האתגרים שהמקצוע מציב בפניהם, תוכנית הלימודים של הפקולטה תוכננה כך שתקנה לסטודנטים רקע תיאורטי ונסויי רחב ככל האפשר הכולל ידע כלכלי וניהולי, על מנת לאפשר להם להתפתח ולהתקדם וגם להיות, בשלב מסויים בקריירה שלהם, מהנדסי מערכת המובילים פיתוחים של פרויקטים מורכבים ומנהלים בתעשיות האויר-חלל. תוכנית הלימודים מורכבת מרכישת ידע ומיומנויות במדעים הבסיסיים ובמדעי ההנדסה, וביסודות של כל תחומי האוירונטיקה והחלל: אוירודינמיקה, מבני אויר-חלל, הנעה, בקרה, יסודות הנדסת חלל ותכן וייצור של כלי טייס. לקראת תום הלימודים קיימת אפשרות להעמקת הידע בתחומים נבחרים לפי בחירת הסטודנט ומוקנה ידע במקצועות מערכתיים כלליים. בשנה האחרונה ללימודים הסטודנטים מבצעים, לפי בחירתם, פרויקט בו מפותחת מערכת מורכבת מתחומי האוירונטיקה או החלל.

תוכנית הלימודים של הפקולטה הינה ארבע-שנתית ומובילה לתואר "מוסמך למדעים בהנדסת אוירונטיקה וחלל". למעוניינים בהעמקת הידע, בעקר המדעי, הפקולטה מאפשרת ומעודדת לימודים מתקדמים 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.

## לימודי הסמכה

במהלך שלושת הסמסטרים הראשונים ללימודיו, מקבל הסטודנט המתחיל, בסיס רחב במדעים. בהמשך נלמדים היסודות של כל מקצועות האוירונטיקה והחלל: אוירודינמיקה, מבנה, הנעה סילונית ורקטית, בקרה ותכן וייצור, כאשר בשנת הלימודים האחרונה ניתנת האפשרות להעמקה באחד מתחומים אלה. בשנת לימודים זו, מוצע לסטודנטים מגוון רחב של מקצועות בחירה להכרת נושאים מתקדמים והתפתחויות חדישות במדעי התעופה והחלל. מקצועות אלה כוללים יישומי מחשב בהנדסת אוירונטיקה וחלל.

בשני הסמסטרים האחרונים ללימודיו מוטל על כל סטודנט ביצוע פרויקט אוירונטי או פרויקט חלל מקיף, כדי להוכיח שהוא מסוגל לממש את הידע שצבר בלימודיו. בחלק ניכר מהפרוייקטים מבוצעות בדיקות התכנות עם מודלים מוקטנים, אם זה במנהרת הרוח או הסטה של המודלים. חלק מהפרוייקטים אף זוכה לביצוע ממשי כגון: תיכון רקטה, בניית ושיגורה בשיתוף רפאל, ופרוייקט לוויין הטכניון (TECHSAT) בשיתוף התעשייה האווירית ואלביט-אלאופ.

לרשות הסטודנטים מעבדות הוראה המצוידות במירב הציוד החדיש בשטחי האוירודינמיקה, מבני מטוסים, הנעה ושריפה, יצור ואחזקה ובקרת כלי טיס. כמו-כן עומדים לרשות הסטודנטים משאבי מחשב משוכללים, המשמשים הן לתרגול מקצועות הנדסיים קלאסיים והן להוראת נושאים חדשים כגון: גרפיקה אינטראקטיבית ותכנון בעזרת מחשב.

## חברי הסגל האקדמי

<b>דיקן הפקולטה</b> טמבור יורם	<b>פרופסור חבר אורח</b> אריאלי רימון
<b>פרופסור מחקר</b> ויס דניאל	<b>עמית מחקר בכיר</b> קרול אהוד
<b>פרופסורים</b> אושמן יעקב בן-אשר יוסי גבעולי דן גני אלון גרינברג ג'רוולד ברי דורבן דוד טמבור יורם כהן יעקב לוי ישעיהו פרנקל יצחק קרפל מרדכי רוזן אביב רנד עמרי	<b>מרצים בכירים</b> מנלה אבשלום רוה דניאלה שימא טל
<b>פרופסורים אמריטי</b> גלמן משה וולפשטיין מיכה ולר תנחום לבאי אבינועם נסים אליהו שנער יוסף	
<b>פרופסורים חברים</b> אברמוביץ חיים אידן משה גורפיל פנחס גרונולד ארתור יוסילבסקי גיל נתן בני	

## תאור היחידה

הפקולטה להנדסת אוירונטיקה וחלל בטכניון פתחה את שעריה בשנת 1954. הפקולטה התרחבה והתפתחה במהירות, במקביל להתפתחותם של התעשיות האוירונטיות ותעשיות עתירות הידע בישראל. התרחבות הפקולטה, בהוראה ובמחקר, הואצה משמעותית לאחר מלחמת ששת הימים בעקבות ההרחבה הנכרת בהקף הפעילויות בהנדסה אוירונטית בפתוח ובייצור מערכות מוטסות בתעשייה האווירית, ברפאל ובתעשיות הבטחוניות, ועם תחילת עידן הפתוח והייצור של מטוסים כחול-לבן בתעשייה האווירית, שהביאו להגדלת הבקושים למהנדסים אוירונטיים ולצורך בביצוע מחקרים ופיתוחי תשתית רבים.

מהנדסי האויר-חלל בישראל מעורבים בפיתוח, בתיכון, בייצור בהפעלה, בבקרת טיסה ובתחזוקה של מערכות מוטסות, באטמוספירה ובחלל, כגון: מטוסים והליקופטרים, כלי טייס לא מאויישים, טילים ומערכות לשיגור טילים, אמצעי הנעה סילוניים ורקטיים, מערכות נשק מוטסות ולוויינים, וכן בפיתוח התשתית של מדעי התעופה והחלל כחלק ממדעי ההנדסה.

מסגרת הפעילויות הרחבה והמגוונת באויר-חלל מאפשרת למהנדס לבחור תחום שבו יינתן ביטוי לנטיותיו האישיות. כיום חלק ממהנדסי האוירונטיקה 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, מספק לו את הכלים ואת היכולת להשתלב

## תוכנית הלימודים

על מנת להשלים את התואר יש לצבור 156 נקודות לפחות לפי הפרוט הבא:

מקצועות חובה	מקצועות ברירה פקולטיים (פרויקטי תכנ)	מקצועות בחירה פקולטיים	מקצועות בחירה חופשית
115.5-116 נק'	6.0 נק'	24-24.5 נק'	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	104018 חדו"א 1מ"2
3	2	-	4.0	104009 אלגברה לינארית מ
2	2	2	4.0	234112 מבוא למחשב-שפת C
4	-	-	3.0	324012 אנגלית טכנית
2	2	-	3.0	125001 כימיה כללית
2	-	-	(2.0)	085201 מבוא להנדסת אוירונטיקה וחלל *
15	8	2	19.0	

\* מקצוע בחירה חופשית מומלץ (לא חובה).

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 2
4	2	-	5.0	104022 חדו"א 2מ"2
2	1	-	2.5	104131 משוואות דיפ. רגילות ח'
2	1	-	2.5	114051 פיסיקה 1
3	1	-	3.5	084505 מכניקת המוצקים
2	2	-	3.0	084155 שרטוט הנדסי ממוחשב
2	1	-	2.5	314200 מבוא להנדסת חומרים לתעופה
-	2	-	1.0	394800 חינוך גופני
15	10	-	20.0	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 3
2	1	-	2.5	104215 פונקציות מרוכבות א'
2	1	-	2.5	104218 משוואות דיפרנציאליות חלקיות ח'
3	1	-	3.5	104034 מבוא להסתברות ח'
3	1	-	3.5	114052 פיסיקה 2
3	2	-	4.0	084225 דינמיקה מ'
2	2	-	3.0	085135 אנליזה נומרית מ' *
-	2	-	1.0	394801 חינוך גופני
15	10	-	20.0	

ה'	ת'	מ'	נק'	סמסטר 4
3	1	1	3.5	084311 אוירודינמיקה בלתי דחיסה
3	2	-	4.0	084213 תרמודינמיקה
3	1	-	3.5	084513 יסודות המבנה האוירונטי
3	1	3	4.0	084640 תכנ וייצור תעופתי
3	1	-	3.5	044109 מבוא להנדסת חשמל
3	-	-	3.0	114053 פיסיקה 3
*	-	-	-	044102 קורס בטיחות במעבדות חשמל
18	6	4	21.5	

\* 4 שעות הרצאה, חד-פעמי. חובה לפני ביצוע המעבדה בחשמל. ללא זיכוי בנקודות.

לבסוף, חשוב להדגיש שהחינוך ההנדסי שבוגר הפקולטה מקבל מכשיר אותו לעיסוק במערכות הנדסיות גדולות, אוירונטיות ואחרות. ואכן, בוגרי הפקולטה עוסקים במיגוון הפעילויות ההנדסיות המתקדמות במדינה וחלקם מובילים ומנהלים אותן.

### לימודים לקראת תואר ראשון נוסף הכולל תעודת הוראה

במקביל ללימודים לקראת תואר ראשון בפקולטה, קיימת אפשרות ללימודי תואר ראשון נוסף (הכולל תעודת הוראה) במחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים. לימודי התואר הראשון הנוסף הם באחת משבע מגמות ההתמחות הבאות: הוראת מתמטיקה, הוראת פיסיקה, הוראת כימיה, הוראת ביולוגיה, הוראת מדעי המחשב, הוראת טכנולוגיה-מכונות, הוראת אלקטרוניקה-חשמל.

משרד החינוך מעניק למקבלי תואר זה רשיון הוראה בבתי ספר על יסודיים בתחום ההתמחות. על לימודים אלה חלות כל התקנות הטכניוניות לגבי תואר ראשון נוסף. פרטים בפרק "המחלקה להוראת הטכנולוגיה והמדעים".



נק'	מ'	ת'	ה'		
3.0	-	-	3	בעיות הנעה רקטית בהודף מוצק	085403
2.5	2	-	2	מעבדה להנעה רקטית וסילונית	085405
2.5	2	-	2	מעבדה במבנים ואירודינמיים	085505
3.0	-	-	3	יציבות מבני אויר-חלל	085531
2.0	-	-	2	התנהגות לא אלסטית של מבנים	085550
3.0	8	-	-	פרויקט בייצור ואחזקת כלי טייס 1	085677
3.0	-	-	3	מבוא לתכן מכני של לוויין	085691
3.0	-	-	3	תכן ראשוני של מטוסים	085695
2.5	2	-	2	מעבדה בבקרה	085705
3.0	-	-	3	מערכות מדידים ביישומי אויר-חלל	085735
1.0	-	2	-	סמינריון 1 (זרימה)	085801
1.0	-	2	-	סמינריון 2 (מבנים)	085802
1.0	-	2	-	סמינריון 3 (הנעה)	085803
1.0	-	2	-	סמינריון 4 (בקרה)	085804
3.0	-	-	-	פרויקט מחקר 1	085851
3.0	-	-	-	פרויקט מחקר 2	085852
3.0	-	-	3	תקשורת נתונים למהנדסי מערכות	086150
3.0	-	-	3	שיטות נומריות בהנדסת אויר-חלל	086172
3.0	-	-	3	בליסטיקה חיצונית ודינמיקת קליעים	086201
3.0	-	-	3	דינמיקה ואירודינמיקה של מסוקים	086219
3.0	-	-	3	מערכות בקרה ספרתית	086220
3.0	-	-	3	אורואלסטיות 1	086241
3.0	-	-	3	טורבינות רוח והפקת אנרגיה	086284
3.0	-	-	3	מכניקת גופים בחלל	086287
3.0	-	-	3	בקרת מערכות רבות קלט פלט	086289
3.0	-	-	3	בקרת מסלולי לוויינים	086290
3.0	-	-	3	מעבר חום בהנדסת אויר-חלל	086320
3.0	-	-	3	נושאים נבחרים בתורת הזרימה 1	086321
3.0	-	-	3	אירודינמיקה חישובית	086376
3.0	-	-	3	מבוא לשכבות גבול	086380
3.0	-	-	3	אירודינמיקה של גופים וכנפיים	086389
3.0	-	-	3	מבוא לאורואקוסטיקה	086390
3.0	-	-	3	מנועי מגח סילון	086414
3.0	-	-	3	נושאים נבחרים באמצעי הנעה 1	086461
3.0	-	-	3	תהליכי שריפה	086478
3.0	-	-	3	שיטות מדידה מתקדמות בזרימה	086484
3.0	-	-	3	נושאים נבחרים במבני אויר-חלל 1	086521
3.0	-	-	3	אלמנטים סופיים בהנדסת אויר-חלל	086574
3.0	-	-	3	תורת האלסטיות	086576
3.0	6	-	3	תכן מבנה מטוסים	086583
2.0	-	-	2	תמיכה כוללת במוצר אויר-חלל	086640
3.0	-	-	3	תכן קונספטואלי למהנדסי אויר-חלל	086670
3.0	9	-	3	תהליכים אקראיים	086733
3.0	-	1	2	בקרה אוטומטית של כלי טיס	086755
3.0	-	-	3	מערכות ניווט והנחיה	086759
3.0	-	-	3	עקרונות הנחיה וביות	086760
3.0	-	-	3	יסודות הזרימה השגיא קולית	086800
3.0	-	-	3	מבוא למבנים נבונים	086901
3.0	-	-	3	נושאים נבחרים בהנדסת חלל 1	086921
3.0	-	-	3	אסטרודינמיקה	086923
3.0	-	-	3	תורת היציבות של מבנים	087532
3.0	-	-	3	נושאים נבחרים בהנדסת אויר-חלל	087541

הערה: במסגרת מקצועות הבחירה הפקולטיים ניתן לבחור מקצועות מפקולטות אחרות בהיקף של עד 6 נקודות, מתוך רשימת המקצועות המפורסמת בפקולטה.

נק'	מ'	ת'	ה'		
084312	084312	אורודינמיקה דחיסה *	2	1	2.5
084512	084512	אנליזה וישומי מחשב במבני אויר-חלל *	2	1	3.0
084153	084153	שיטות ניסוי בהנדסת אויר-חלל	1	-	1.5
084220	084220	מכניקת הטייס 1 *	2	1	2.5
084314	084314	זרימה צמיגה ומעבר חום *	3	1	3.5
084730	084730	מערכות דינמיות	2	1	2.5
044099	044099	מעבדה בהנדסת חשמל	-	-	1.5

084735	084735	תורת הבקרה	3	1	3.5
084913	084913	יסודות הנדסת חלל *	2	1	2.5
084402	084402	הנעה רקטית * (ראה הערה)	2	2	3.5
084401	084401	מנועי סילון * (ראה הערה)	2	2	3.0
084636	084636	פרויקט תכן מכני	-	2	1.0
084221	084221	מכניקת הטייס 2 *	2	1	2.5
084156	084156	שיטות ניסוי מתקדמות ***	-	-	2.5
086755	086755	בקרה אוטומטית של כלי טיס * (ראה הערה)	2	1	3.0
084142	084142	הנדסת מערכות אויר-חלל * (ראה הערה)	2	1	3.0

הערה: לאחר שלמד הסטודנט את אחד ממקצועות ההנעה (הנעה רקטית או מנועי סילון) יבחר הסטודנט לפחות אחד מהמקצועות הבאים: (יחשב כנקודות חובה)

- א. המקצוע שנתר ממקצועות ההנעה (084401 או 084402)
- ב. בקרה אוטומטית של כלי טיס 086755
- ג. הנדסת מערכות אויר-חלל 084142

\*\*\* המקצועות הבאים יחשבו כמילוי הדרישות בקורס שיטות ניסוי מתקדמות: 085156, 086484, 085220, 085705, 085505, 085405, 085305

### סמסטר 7

פרויקט תכן 7 3.0 - 1 2

### סמסטר 8

פרויקט תכן 8 3.0 - 1 2

\* חלק ממקצועות אלה יכול להינתן אחת לשנה.

### מקצועות ברירה

על הסטודנט לבחור בסמסטר 7 אחד מפרויקטי תכן 7/8 (שנתי) מתוך הרשימה המפורטת להלן:

084653	084653	פרויקט תכן 53	2	1	3.0
084654	084654	פרויקט תכן 54	2	1	3.0
084661	084661	פרויקט תכן 61	2	1	3.0
084662	084662	פרויקט תכן 62	2	1	3.0
084663	084663	פרויקט תכן 63	2	1	3.0
084664	084664	פרויקט תכן 64	2	1	3.0
084665	084665	פרויקט תכן 65	2	1	3.0
084666	084666	פרויקט תכן 66	2	1	3.0
084667	084667	פרויקט תכן 67	2	1	3.0
084668	084668	פרויקט תכן 68	2	1	3.0

### מקצועות בחירה

085101/4	085101/4	תעופה ספורטיבית (בחירה חופשית)	-	2	1.5
085156	085156	פרויקט ניסוי	1	-	2.5
085180	085180	כלי ניתוח בהנדסת מערכות	2	1	2.5
085201	085201	מבוא להנדסת אויר' (בחירה חופשית)	2	-	2.0
085220	085220	מעבדה במכניקת הטיס	-	-	2.5
085240	085240	ניהול פרויקטי אויר-חלל	3	-	3.0
085305	085305	מעבדה באירודינמיקה	2	-	2.5
085326	085326	סדנא לאירודינמיקה חישובית	-	-	1.0
085370	085370	רשתות נתונים במערכות מוטסות	3	-	3.0