

מגמה הנדסה יישומית

מודולה 3 כיתה י"א

תוכנית לימודים בנושא: יסודות התעופה ובניית טיסנים

60 שעות

מחבר:

סיני ג'רבי

עורכת:

ד"ר אמונה אבו-יונס עלי

ייעוץ מדעי ופדגוגי:

גב' אירנה אוצ'יטל

מר איתן גרוס

מפמ"ר המגמה:

מר שלומי אחנין

סמל מגמה: 1150

עדכון: אוגוסט 2026

כל הזכויות שמורות למשרד החינוך

מרכז המורים הארצי למקצועות הטכנולוגיים, מור-טק

הפרויקט מבוצע על ידי הטכניון עפ"י מכרז 22/11.2020

הפרויקט מבוצע עבור מינהל חדשנות וטכנולוגיה אגף א' STEM, משרד החינוך

החומר יצא לאור במימון מינהל חדשנות וטכנולוגיה אגף א' STEM, משרד החינוך ומינהלת מל"מ המרכז הישראלי לחינוך מדעי טכנולוגי.

אין לשכפל, להעתיק, לצלם, להקליט, לתרגם, לאחסן במאגר מידע, לשדר או לקלוט בכל דרך או אמצעי אלקטרוני, אופטי או מכני או אחר כל חלק שהוא מהחומר שבחברת זו. שימוש מסחרי מכל סוג שהוא בחומר הכלול בחוברת זו אסור בהחלט אלא ברשות מפורשת בכתב מהמו"ל.

תוכן עניינים

1	מבוא לתוכנית הלימודים ביסודות התעופה ובניית טיסנים.....
1	המטרות המרכזיות.....
2	דגשים דידקטיים.....
2	חלוקת שעות.....
3	תוכנית לימודים ביסודות התעופה ובניית טיסנים.....
3	חלוקת שעות לפי פרקים.....
4	פרק 1: היסטוריה ועקרונות התעופה (2 שעות).....
4	פרק 2: אווירודינמיקה ומכניקת הטיס (4 שעות).....
5	פרק 3: שרטוט תעופתי (6 שעות).....
6	פרק 4: חומרים לבניית טיסנים (2 שעות).....
7	פרק 5: פרויקטים הנדסיים מעשיים (36 שעות).....
7	5.1: בניית גלשון צעד ראשון (8 שעות).....
7	5.2: בניית גלשון מתקדם – צעד שני (8 שעות).....
8	5.3: חוזק ומבנה – פרויקט גשר הפסטה (4 שעות).....
9	5.4: גלשון לופי – אתגר הנדסי (6 שעות).....
9	5.5: בניית טיסן מנוע גומי (10 שעות).....
10	פרק 6: שליטה ויציבות (2 שעות).....
11	פרק 7: מערכות הנעה והיגוי (4 שעות).....
12	פרק 8: אוויוניקה, הטסה וחוקי הטיס (4 שעות).....
13	אתרי לימוד והתנסות מומלצים.....

מבוא לתוכנית הלימודים ביסודות התעופה ובניית טיסנים

תוכנית הלימודים "יסודות התעופה ובניית טיסנים" מיועדת לתלמידי כיתה י"א במגמת הנדסה יישומית. התוכנית עושה שימוש בעולם הטיסנים והטיסנאות כאמצעי להקניית עקרונות יסוד בתחומי ההנדסה, הפיזיקה והתעופה, תוך שילוב בין למידה עיונית, התנסות מעשית ולמידה מבוססת פרויקטים (PBL).

התוכנית משלבת ידע תאורטי בתחומי האווירודינמיקה, מבנה כלי הטיס, מערכות הנעה, יציבות ושליטה, עם התנסות מעשית בתכנון, שרטוט, בנייה, כיול והטסה של גלשונים וטיסנים. במהלך הלימודים מפתחים התלמידים מיומנויות של חשיבה הנדסית, יצירתיות, עבודת צוות, פתרון בעיות וקבלת החלטות, תוך יישום הידע הנרכש בפרויקטים מעשיים.

הוראת התוכנית מבוססת על למידה פעילה, חקר והתנסות, ומעודדת את התלמידים ללמוד מתוך עשייה, ניסוי וטעייה, שיפור מתמיד והפקת לקחים. לאורך הקורס נבנים מספר פרויקטים המדמים תהליכי תכנון ופיתוח הנדסיים, החל מבניית גלשונים בסיסיים ועד לבניית טיסן בעל מערכת הנעה.

בסיום התוכנית יציגו התלמידים את הפרויקטים שביצעו במהלך הקורס, ישתתפו בפעילויות מסכמות להצגת תוצרי הלמידה, ויסכמו את לימודיהם במבחן מסכם, בהתאם לדרישות משרד החינוך.

המטרות המרכזיות:

- הקניית ידע והבנה של העקרונות הפיזיקליים והאווירודינמיים המאפשרים לכלי טיס לטוס ולשמור על יציבותם באוויר.
- פיתוח מיומנויות תכנון, שרטוט, בנייה, הרכבה והטסה של טיסנים וגלשונים, תוך יישום עקרונות הנדסיים.
- פיתוח חשיבה הנדסית, יצירתיות, עבודת צוות ויכולת פתרון בעיות באמצעות למידה מבוססת פרויקטים (PBL) והתנסות מעשית.
- הקניית ידע בסיסי במערכות הנעה, מערכות רדיו, אוויוניקה ועקרונות השליטה והבקרה בכלי טיס.
- טיפוח תרבות של עבודה בטוחה, אחריות אישית והקפדה על כללי הבטיחות במהלך הבנייה וההטסה.
- היכרות עם עולם התעופה המודרני, סוגי כלי הטיס, עקרונות ההטסה והרגולציה הרלוונטית בתחום הטיסנים.

דגשים דידקטיים

- שני שלישים מהתהליך הלימודי יתבססו על למידה חווייתית, התנסותית ומעשית.
- יש לעודד למידה פעילה באמצעות השתתפות התלמידים, הצגת שאלות פתוחות, דיונים ושילוב טכנולוגיות מגוונות בתהליך ההוראה.
- מומלץ לעשות שימוש בהערכה מעצבת לאורך תהליך הלמידה המעשית, לצורך מתן משוב שוטף, שמירה על רמת מעורבות גבוהה וקידום קצב הלמידה של התלמידים.
- יש להקפיד על שמירת כללי הבטיחות במעבדה ובעבודה עם כלי עבודה, ציוד וחומרים.
- בתחילת כל שיעור מעבדה יש להציג באמצעות מקרן את כללי הבטיחות, לקרוא אותם יחד עם התלמידים ולוודא את הבנתם.
- פעם בשבוע, יש להציג לפחות שאלה סגורה אחת העוסקת בנושא הבטיחות, כחלק מהטמעת תרבות בטיחות.
- יש להקנות לתלמידים מושגי יסוד בפזיקה תעופתית, תוך קישור בין הידע התאורטי ליישומי המעשי.
- מומלץ ליישם את ההוראה בגישת PBL – למידה מבוססת פרויקטים, המעודדת חקר, פתרון בעיות ועבודת צוות.
- יש להתאים את דרכי ההוראה, קצב הלמידה, רמת המשימות ואמצעי ההמחשה למאפייני אוכלוסיית התלמידים.

חלוקת שעות:

שם המקצוע	כיתה י"א	סה"כ כללי
יסודות התעופה ובניית טיסנים	2 ש"ש	60 שעות

תוכנית לימודים ביסודות התעופה ובניית טיסנים

חלוקת שעות לפי פרקים

שם המקצוע	כיתה יא'		סה"כ
	עיוני	התנסותי	כללי
פרק 1: היסטוריה ועקרונות התעופה	2	0	2
פרק 2: אווירודינמיקה ומכניקת הטיס	3	1	4
פרק 3: שרטוט תעופתי	2	4	6
פרק 4: חומרים לבניית טיסנים	1	1	2
פרק 5: פרויקטים הנדסיים מעשיים	6	30	36
פרק 6: שליטה ויציבות	1	1	2
פרק 7: היגוי והנעה	3	1	4
פרק 8: אוויוניקה, הטסה וחוקי הטיס	2	2	4
סה"כ שעות	20	40	60

המלצה להערכה

בתוכנית מופיעות הערכה מעצבת, הצגת תוצרים ומבחן מסכם. מומלץ להרחיב את מודל ההערכה כך שיתן משקל גם לתהליך ההנדסי ולא רק לידע או לתוצר

הצעה למשקל	מה בודקים	רכיב הערכה
20%	עקרונות תעופה, פיזיקה מבנה ומערכות	ידע והבנה
25%	דיוק, עבודה עם כלים וחומרים, הרכבה, כיול ובדיקה	מיומנויות מעשיות
25%	תכנון, ניסוי, תיעוד, פתרון בעיות ושיפור	תהליך הנדסי
15%	איכות התוצר ועמידה בדרישות הפרויקט	תוצר וביצועים
15%	שיתוף פעולה, אחריות, הסבר והפקת לקחים	עבודת צוות ורפלקציה

פרק 1: היסטוריה ועקרונות התעופה (2 שעות)

יעדים

- חשיפה לנקודות ציון בתולדות התעופה מראשית ימיה עד היום ואבני דרך בתעופה הישראלית.
- חשיפה לסוגי טיסנים שונים והכרת מבנה כלי טיס.

תכנים

1. **תולדות התעופה:** מהדאונים המוקדמים ועד מטוסי הסילון דרך האחים רייט. ציוני דרך בתעופה הישראלית.
2. **סוגי טיסנים:** הצגת סוגי טיסנים שונים (חופשיים, רדיו, כבלים) והכרת המבנה הכללי של כלי טיס

פרק 2: אווירודינמיקה ומכניקת הטיס (4 שעות)

יעדים

- חשיפה למושגי יסוד באווירודינמיקה ומכניקת הטיס (ארבע הכוחות, פרופיל אווירודינמי, הזדקרות, מרכז כובד, שטח ועומס כנף ועוד) וביצוע המחשה בכיתה.
- הקניית הבנת הבסיס המדעי לטיסה והמחשתו בניסויים פשוטים בכיתה.

תכנים

- 2.1 ארבעת הכוחות הפועלים על כלי טיס:** עילוי (Lift), כובד (Weight), דחף (Thrust) וגרר (Drag). כיצד כנף יוצרת עילוי? (עקרון ברנולי וחוקי ניוטון). ניסויים פשוטים להדגמת כוח העילוי (דפי נייר וזרמי אוויר).
- 2.2 מבנה הכנף ויציבות הטיסה:** היכרות עם הפרופיל האווירודינמי, עקרונות יצירת כוח העילוי, השפעת זווית ההתקפה על הטיסה והזדקרות. הכרת מושג המומנט וחשיבות מרכז הכובד (CG), והשפעתם על יציבות הטיסן באמצעות המחשוק וניסויים פשוטים.

פרק 3: שרטוט תעופתי (6 שעות)

יעדים

- הקניית מיומנויות בסיסיות בקריאת שרטוטים תעופתיים ובהבנתם, תוך פיתוח יכולת לזהות רכיבי מבנה, מידות, סימונים והוראות ייצור.
- הכנת התלמידים לקריאה עצמאית של תוכניות בנייה וליישומן במהלך בניית טיסן.
- בסיום הפרק התלמיד יוכל לקרוא שרטוט גלשון פשוט, לזהות חלקים, למדוד מידות, לסמן קו מרכז וכיוון סיבים, ולהכין חלק לבנייה.

תכנים

- מבוא לשרטוט תעופתי:** מטרות השרטוט ההנדסי בעולם התעופה והטיסאות, סוגי שרטוטים ותפקידם בתהליך התכנון והייצור, מושגי יסוד בשרטוט תעופתי, היכרות עם קנה מידה וחשיבותו.
- קריאת שרטוטים:** זיהוי מבטים (חזית, על, צד), זיהוי חלקי הטיסן (גוף, כנפיים, מייצבים והגאים), סימני חלקים ומספור חלקים, זיהוי חתכים ותצוגות עזר, קריאת מידות, קווי מידה וסימונים מקובלים.
- תוכנית בנייה:** קריאת תוכנית בנייה מלאה של טיסן, זיהוי סדר ההרכבה מתוך השרטוט, איתור חלקים ותבניות חיתוך, התאמת השרטוט לחלקים הפיזיים.
- תרגול שרטוט:** שרטוט ידני של חלקי טיסן פשוטים בהתאם למידות נתונות, שרטוט בקנה מידה, סימון מידות, צירים וקווי מרכז, ביקורת עמיתים על השרטוטים.

פרק 4: חומרים לבניית טיסנים (2 שעות)

יעדים

1. היכרות עם חומרי הגלם, הדבקים, ציפוי הלכה והצבע המשמשים לבניית טיסנים והבנת תכונותיהם, יתרונותיהם, ואופן ותחומי השימוש של כל חומר.
2. הקניית הרגלי עבודה בטוחים בעת השימוש בחומרי הגלם, הדבקים וכלי עבודה, תוך הקפדה על כללי הבטיחות בתהליך בניית הגלשונים.

תכנים

1. **היכרות עם עץ הבלזה:** חשיבות בחירת סוג העץ בתכנון ובבניית טיסנים, היכרות עם עץ בלזה ותכונותיו ובהן משקל, צפיפות, חוזק וכיוון הסיבים. יתרונותיו וחסרונותיו מבחינת משקל, חוזק, עמידות, עלות וקלות העיבוד והתאמתו לבניית חלקי הטיסן השונים.
2. **חומרי עזר והתאמת חומרים ליישומים:** היכרות עם דבק ציאנואקרילט (CA) – דליל וסמיך – ועם מאיץ התקשות (Accelerator), תוך הבנת תפקידם בתהליך הבנייה והתאמת סוג הדבק לסוג החומר ולמאמצים הפועלים על חלקי הטיסן. היכרות עם לכה כחומר ציפוי וגימור, חשיבותה בהגנה על המבנה והשפעתה על חוזק הטיסן, משקלו ותכונותיו האווירודינמיות.

פרק 5: פרויקטים הנדסיים מעשיים (36 שעות)

יעדים

1. יישום הידע התיאורטי באמצעות תכנון, בנייה, ניסוי ושיפור של דגמים ומבנים.
2. פיתוח חשיבה הנדסית, עבודת צוות, יצירתיות ויכולת פתרון בעיות.
3. הבנת הקשר בין מבנה, משקל, חוזק וביצועים.

5.1: בניית גלשון צעד ראשון (8 שעות)

תכנים

1. היכרות עם הגלשון ותוכנית הבנייה: היכרות עם מבנה הגלשון וייעוד חלקיו, קריאת תוכנית הבנייה וזיהוי מרכיבי הגלשון, סימון חלקים על חומרי הגלם, הכנת סביבת העבודה והקפדה על כללי הבטיחות.
2. חיתוך ועיבוד חלקי הגלשון: חיתוך חלקי הגלשון בהתאם לתוכנית, שיוף ועיבוד לקבלת מידות מדויקות, בדיקת התאמת החלקים לפני ההרכבה, הקפדה על איכות העבודה והדיוק.
3. הרכבת גוף הגלשון: הרכבת גוף הגלשון והדבקת החלקים, שמירה על יישור נכון וסימטריה, שימוש נכון באמצעי קיבוע בזמן ההדבקה, בקרת איכות במהלך ההרכבה.
4. התקנת הכנפיים והמייצבים: חיבור הכנף, המייצב האופקי והמייצב האנכי, בדיקת זוויות ההתקנה ויישור המבנה, ביצוע תיקונים במידת הצורך, השלמת הרכבת הגלשון.
5. איזון ובדיקות טרום טיסה: הכרת מרכז הכובד וחשיבותו, ביצוע איזון הגלשון בהתאם לתוכנית, בדיקות תקינות לפני הטסה, זיהוי ליקויים ותיקונם.
6. טיסות ניסוי והפקת לקחים: ביצוע טיסות גלישה מבוקרות, תצפית על התנהגות הגלשון באוויר, זיהוי תקלות כגון הזדקרות, צלילה או פנייה בלתי רצויה, ביצוע כיוונים ושיפורים בהתאם לתוצאות הטיסה, סיכום תהליך הבנייה והפקת לקחים לקראת בניית טיסן מתקדם.

5.2: בניית גלשון מתקדם – צעד שני (8 שעות)

תכנים

1. תכנון ובניית גלשון "צעד שני": הצגת ההבדלים בין גלשון "צעד ראשון" לגלשון "צעד שני", תכנון הגלשון החדש על בסיס הידע והמסקנות שנרכשו במהלך הפרויקט הראשון, סימון, חיתוך והרכבת חלקי הגלשון, הקפדה על דיוק בבנייה, סימטריה ואיכות העבודה.

2. **השלמת הבנייה ואיזון הגלשון:** השלמת הרכבת הגלשון, התקנת משקולת איזון ובדיקת מרכז הכובד, בדיקת תקינות המבנה והכנת הגלשון לטיסות ניסוי, ביצוע איזון ראשוני בהתאם להנחיות.
3. **כיול משטחי ההיגוי:** היכרות עם תפקידם של הגה הגובה והגה הכיוון, ביצוע כיוונים עדינים של משטחי ההיגוי, זיהוי השפעת השינויים על מסלול הטיסה, תיעוד תוצאות הכיול.
4. **חקר ביצועי הגלשון:** תכנון וביצוע ניסוי מבוקר, הגדרת משתנה בלתי תלוי ומשתנה תלוי, מדידת מרחקי דאייה ותיעוד הנתונים, חישוב ממוצעים והשוואת תוצאות.
5. **ניתוח תוצאות ושיפור ביצועים:** ניתוח התנהגות הגלשון במהלך הטיסה, זיהוי תקלות אופייניות כגון הזדקרות, צלילה או סטייה ממסלול, ביצוע שיפורים הנדסיים בהתאם לממצאי הניסוי, הערכת השפעת השיפורים על ביצועי הגלשון.
6. **טיסות מסכמות והפקת לקחים:** ביצוע סדרת טיסות לאחר השלמת תהליך הכיול, השוואת ביצועי הגלשון לפני ואחרי השיפורים, דיון בקשר שבין מבנה הגלשון, מרכז הכובד, משטחי ההיגוי וביצועי הטיסה, הפקת לקחים.

5.3: חוזק ומבנה – פרויקט גשר הפסטה (4 שעות)

תכנים

1. **מבוא לחוזק ומבנה ותכנון הגשר:** היכרות עם מושגי יסוד בחוזק ומבנה, הכוחות הפועלים על מבנים: מתיחה, לחיצה, כפיפה וגזירה, הצגת משימת גשר הפסטה, כללי התחרות וקריטריוני הערכה, עבודה בקבוצות של 3–4 תלמידים, הכנת שרטוט ותכנון ראשוני של הגשר וחלוקת תפקידים בין חברי הקבוצה.
2. **בניית הגשר:** בניית שלד הגשר בהתאם לתכנון, שימוש נכון בטכניקות חיבור והדבקה, הקפדה על דיוק, סימטריה ואיכות הביצוע, השלמת המבנה והכנתו למבחן העמסה.
3. **מבחן העמסה ותחרות, ניתוח תוצאות והפקת לקחים:** שקילת כל גשר ותיעוד משקלו, ביצוע מבחן העמסה בתנאים אחידים, מדידת העומס המרבי שנשא כל גשר עד לקריסתו, השוואת תוצאות והכרזה על הקבוצה הזוכה בהתאם לחוזק המבנה ומשקלו, ניתוח הסיבות להצלחתם או לכישלונם של הגשרים, הפקת לקחים ויישומם בתכנון ובבניית טיסנים, תוך הבנת החשיבות של בניית מבנה קל, חזק ויעיל.

5.4: גלשון לופי – אתגר הנדסי (6 שעות)

תכנים

1. **הצגת האתגר ותכנון הפתרון:** הצגת אתגר התכנון: בניית גלשון המבצע לופ אחד ולאחר מכן חוזר לגלישה יציבה, בניית גלשון חדש על פי שרטוט, דיון בדרכים אפשריות להשגת הלופ באמצעות שינויים במבנה הגלשון, תכנון השינויים שיבוצעו וחלוקת העבודה בין חברי הקבוצה.
2. **בניית הגלשון בהתאם לשרטוט:** חיתוך והרכבת חלקי הגלשון, הקפדה על דיוק, סימטריה ואיכות הבנייה, ביצוע בדיקות תקינות ראשוניות, הכנת הגלשון לשלב השיפורים.
3. **ביצוע השינויים ההנדסיים:** הוספה או שינוי של רכיבים בגלשון בהתאם לתכנון, שינוי זוויות או מיקום חלקים לצורך השגת ביצועי הטיסה הרצויים, בדיקת השפעת השינויים על מרכז הכובד ועל יציבות הגלשון, תיעוד השינויים שבוצעו.
4. **ניסויי טיסה ראשוניים:** ביצוע סדרת הטלות מבוקרות, תיעוד התנהגות הגלשון במהלך הטיסה, זיהוי תקלות וביצוע התאמות בהתאם לתוצאות, יישום עקרונות של ניסוי וטעייה לשיפור הביצועים.
5. **שיפור וכיוול:** ביצוע שיפורים נוספים בהתאם לממצאי הניסויים, בחינת השפעת כל שינוי באופן מבוקר, תיעוד תהליך קבלת ההחלטות והשפעתו על ביצועי הגלשון, הכנת הגלשון להדגמה הסופית.
6. **הצגת הפתרון והפקת לקחים:** הדגמת ביצועי הגלשון בפני הכיתה, הצגת הפתרון ההנדסי שבחרה כל קבוצה והנימוקים לבחירתו, השוואת דרכי הפתרון בין הקבוצות, דיון מסכם והפקת לקחים לגבי תהליך התכנון, החשיבה ההנדסית והשפעת השינויים על התנהגות הגלשון בטיסה.

5.5: בניית טיסן מנוע גומי (10 שעות)

תכנים

1. **היכרות עם הטיסן ותוכנית הבנייה:** הצגת מבנה טיסן הגומי וייעוד חלקיו, קריאת תוכנית הבנייה וזיהוי כלל רכיבי הטיסן, תכנון סדר העבודה והכנת חומרי הגלם.
2. **בניית גוף הטיסן:** חיתוך חלקי הגוף בהתאם לשרטוט, הרכבת שלד הגוף, הקפדה על ישרות, סימטריה ואיכות ההדבקה.
3. **בניית הכנף:** הרכבת הקורות הראשיות, התקנת צלעות הכנף בהתאם לשרטוט, בדיקת יישור הכנף ואיכות המבנה.

4. **בניית יחידת הזנב:** בניית המייצב האופקי והמייצב האנכי, ליטוש חלקי המבנה, הכנת החלקים להרכבה.
5. **השלמת שלד הטיסן:** חיבור הכנף, הגוף ויחידת הזנב, התקנת מכלול המדחף וווים לרצועת הגומי, בדיקת תקינות המבנה.
6. **ציפוי הטיסן:** הכנת השלד לציפוי, ציפוי הכנפיים ויחידת הזנב בנייר ייעודי. ביצוע גימור, צביעה ושמירה על מתיחות אחידה של הציפוי.
7. **מערכת ההנעה:** היכרות עם עקרון הפעולה של מנוע הגומי, התקנת רצועת הגומי והמדחף תוך הקפדה על כללי בטיחות במתיחת הגומי ובהפעלת המדחף.
8. **איזון וכיול הטיסן:** בדיקת מרכז הכובד, ביצוע איזון וכיוונים ראשוניים והכנת הטיסן לטיסות ניסוי.
9. **ניסויי טיסה:** ביצוע טיסות מבחן, זיהוי תקלות אופייניות וביצוע כיוונים ושיפורים, תיעוד תוצאות הטיסה והשפעת השינויים שבוצעו.
10. **הטסה מסכמת והפקת לקחים:** ביצוע הטסות מסכמות, הערכת ביצועי הטיסן מבחינת יציבות, משך הטיסה ואיכות הבנייה, דיון מסכם והפקת לקחים לגבי תהליך התכנון, הבנייה וההטסה.

פרק 6: שליטה ויציבות (2 שעות)

מושגי שליטה ויציבות יילמדו באופן ראשוני תוך כדי פרק 5, ובפרק 6 יבוצעו סיכום, המשגה וחיבור בין התצפיות מהטיסה לבין העקרונות התאורטיים.

יעדים

1. הקניית מושגי יסוד בתחום השליטה והיציבות של כלי טיס, תוך הבנת השפעתם של צירי התנועה, משטחי ההיגוי ומיקום מרכז הכובד על התנהגות הטיסן באוויר.
2. חיזוק הקשר בין הידע התיאורטי לבין ההתנסויות המעשיות שבוצעו במהלך בניית הגלשונים וטיסן הגומי.
3. הפרק נועד להסביר את העקרונות התיאורטיים העומדים בבסיס ההתנסויות המעשיות שביצעו התלמידים במהלך בניית הגלשונים, טיסן הגומי והטסתם.

תכנים

1. **צירי תנועה ומשטחי היגוי:** שלושת צירי התנועה של כלי טיס: גלגול (Roll), עלרום (Pitch) וסבסוב (Yaw). תנועות הטיסן סביב כל אחד מצירי התנועה, היכרות עם משטחי ההיגוי: הגה

הגובה, הגה הכיוון והמאזנות. תפקידו של כל משטח היגוי והשפעתו על כיוון ויציבות הטיסה. המחשה באמצעות דגמי הטיסנים שנבנו במהלך הקורס.

2. **יציבות הטיסן:** מושגי יסוד ביציבות אורכית, רוחבית וכיוונית. השפעת מרכז הכובד על יציבות הטיסן. השפעת מבנה הכנף, יחידת הזנב ומיקום משטחי ההיגוי על היציבות. השפעת כוח הדחף של המדחף על התנהגות הטיסן בטיסה. קישור בין תופעות שנצפו במהלך הטסת הגלשונים וטיסן הגומי לבין עקרונות היציבות.

פרק 7: מערכות הנעה והיגוי (4 שעות)

יעדים

1. הקניית ידע בסיסי במערכות ההנעה וההיגוי של כלי טיס, תוך היכרות עם עקרונות הפעולה של מנועי בעירה פנימית, מנועים חשמליים ומנועי סילון.
2. הבנת הקשר בין מערכת ההנעה, יצירת כוח הדחף, אמצעי ההיגוי וביצועי הטיסה, תוך קישור לעולם הטיסנים ולכלי טיס מאוישים.

תכנים

1. **מבוא למערכות הנעה:** תפקיד מערכת ההנעה בכלי טיס. הקשר בין כוח הדחף לארבעת הכוחות הפועלים על כלי טיס. היכרות עם סוגי מערכות ההנעה (Propulsion) המקובלות בעולם התעופה והטיסנאות. יתרונות, חסרונות ותחומי השימוש של כל מערכת הנעה.
2. **סוגי מנועים:** עקרון הפעולה של מנועי בעירה פנימית. עקרון הפעולה של מנועים חשמליים מוג Brushless. תפקידם של בקר המנוע (ESC) וסוללת ההנעה. מבוא למנועי סילון ועקרון פעולתם.
3. **התנסות מעשית והמחשה:** היכרות עם מנועי טיסנים מסוגים שונים. זיהוי רכיבי מערכת הנעה חשמלית: מנוע, בקר, סוללה ומדחף. הדגמת פעולת מנוע בעירה פנימית ומנוע חשמלי (במידת האפשר). השוואה בין ביצועי מערכות ההנעה השונות והתנסות בזיהוי רכיביהן.
4. **מערכות היגוי וסיכום הפרק:** הקשר בין מערכת ההנעה למשטחי ההיגוי. השפעת שינוי הדחף על התנהגות כלי הטיס. השוואה בין מערכות ההנעה מבחינת ביצועים, אמינות, בטיחות, עלות ותחזוקה. דיון מסכם בנושא התאמת מערכת ההנעה לייעודו של כלי הטיס.

פרק 8: אוויוניקה, הטסה וחוקי הטיס (4 שעות)

יעדים

1. הקניית ידע בסיסי במערכות האלקטרוניות המשמשות בטיסני רדיו, תוך היכרות עם מערכות השידור והקליטה, מנועי הסרוו, מקורות האנרגיה ומערכות הבקרה.
2. פיתוח מיומנויות בסיסיות בהפעלת מערכת רדיו, בהתקנת רכיבי ההיגוי והכרת עקרונות ההטסה וחוקי הבטיחות והרגולציה בתחום הטיסנים.

תכנים

1. **מערכות רדיו ואוויוניקה:** מבנה מערכת רדיו בטיסן. עקרון פעולת המשדר והמקלט. ערוצי שליטה ותדרי עבודה. היכרות עם מנועי סרוו, מקלט, סוללת הנעה וסוללת מקלט. תפקיד בקר מהירות המנוע (ESC) במערכות הנעה חשמליות.
2. **סוגי טיסנים, עקרונות הטסה וחוקי הבטיחות:** סוגי טיסנים: טיסנים חופשיים, טיסני גומי, טיסני רדיו, טיסנים חשמליים וטיסני בעירה פנימית. עקרונות בסיסיים בהטסת טיסן. בדיקות בטיחות לפני הטסה. כללי בטיחות ורגולציה בהטסת טיסנים. התנהלות נכונה באתר הטסה.
3. **התנסות במערכות רדיו:** היכרות עם משדר ומקלט. זיווג (Binding) בין משדר למקלט. חיבור מנועי סרוו לערוצים השונים. הפעלת משטחי ההיגוי באמצעות המשדר. התקנת מוטות דחיפה (Pushrods) ובדיקת כיווני הפעולה.
4. **התנסות בהטסה בסיסית:** ביצוע בדיקות טרום הטסה. תרגול הפעלת משטחי ההיגוי באמצעות משדר. הדגמת הטסת טיסן רדיו על ידי המורה על ידי טיסן אמיתי או דגם. התנסות מודרכת של התלמידים, בהתאם לאמצעי הבטיחות ולציוד הזמין. סיכום הפרק וקישור בין מערכות האוויוניקה, ההיגוי והטסת הטיסן.

אתרי לימוד והתנסות מומלצים

- יצירת סימולציות אינטראקטיביות במדעים ב-Phet - <https://phet.colorado.edu/>
- NASA - Glenn Research Center (Beginner's Guide to Aeronautics)
<https://www1.grc.nasa.gov/beginners-guide-to-aeronautics/>
 האתר הרשמי של נאס"א למתחילים. הוא כולל הסברים פשוטים על כוחות הטיסה, מנועים ומבנה כנף, כולל הדמיות ויזואליות מעולות.
- Science Buddies – Aerodynamics
<https://www.sciencebuddies.org/science-fair-projects/science-projects/aerodynamics-hydrodynamics>
 אתר המציע פרויקטים מדעיים וניסויים שאפשר לעשות בבית או בכיתה כדי להבין עקרונות תעופה.
- Outerzone
<https://outerzone.co.uk/>
 ה"ספרייה" הגדולה בעולם לתוכניות בנייה של טיסנים קלאסיים, כולל שרטוטים לבנייה מעץ בלזה.
- ChatGPT ומנועי AI נוספים, יכולים ליצור מערכי שיעור ואף אנימציות ייחודיות לשימושכם.
- מבוא לפיזיקה - חוקי ניוטון [מבוא לפיזיקה - חוקי ניוטון](#)
- [ציוד הנדרש לטיסנים](#)
- חומר עזר בנושא טיסנים – [קלוב תעופה לחצו כאן](#)