



משרד החינוך
המינהל למדע ולטכנולוגיה

תכנית לימודים

התמחות: **מערכות תעופה**

מקצוע: **הנעה רקטית וחלל**

כיתה: **י"ד**

תשס"ט 2009

הנעה רקטית וחלל

שעות לימוד: 36 שעות עיוני, 24 התנסותי

טרימסטרים: ד – עיוני והתנסותי

ה – עיוני והתנסותי

דרישות קדם: אין

מבחן חיצוני אווירודינמיקה ומנועי מטוס ה, סמל שאלון 710933

מעבדה במערכות תעופה ה, סמל שאלון 710936

א. מבוא

במסגרת הנושא "הנעה רקטית" מתבצעת היכרות עם מנועים רקטיים פשוטים, מנועים רקטיים חד ורב שלביים שונים. הסטודנטים יערכו היכרות עם הודפי מוצק והודפים נוזליים, ובכלל זה עם מושגים הקשורים לתחום זה וידעו לחשב אותם. מתבצעת היכרות עם תהליכי שרפה פשוטים והיכרות עם בליסטיקה פנימית של הודפי מוצק והודפי נוזל.

ב. מטרות

1. רכישת ידע והבנה של מושגים, חוקים ועקרונות פיזיקליים החיוניים לצורך הבנת נושא ההנעה הרקטית.
2. פיתוח דרכי חשיבה ביקורתית וכן הבנת דרכי חקר לפתרון בעיות.
3. יכולת לנתח את אופן פעולתם של מנועים שונים.
4. פיתוח כישורים ומיומנויות:
 - פיתוח מיומנויות למידה עצמית: יכולת להשתמש בספרייה, במערכות מידע ממוחשבות, היכולת לקרוא, לנתח ולהפיק מידע ממאמרים בכתבי עת.
 - פיתוח היכולת לנתח גרפים, טבלאות וכדומה.
 - פיתוח כושר הסתכלות ומיומנויות עבודה במעבדה (עריכת מדידות, שימוש במכשירים) וכדומה.
 - פיתוח הרגלי עבודה: סדר, דייקנות וכדומה.

המטרות האופרטיביות

- הסטודנטים ייחשפו למנועים רקטיים המשמשים לצרכים צבאיים ואזרחיים.
- הסטודנטים יבינו את מושגי היסוד ואת העקרונות הפיזיקליים בתחום זה ויהיו מסוגלים להשתמש בהם כראוי.
- הסטודנטים ישתמשו באופן נכון בחומר לימודי נלווה (ספרים, אמצעים ממוחשבים) על מנת לקבל מידע נוסף ומועשר לתכנים שנלמדו.
- הסטודנטים יפתרו בדרך מדויקת ונכונה תרגילים ושאלות בנושאי הנעה רקטית.
- הסטודנטים יתנסו בעבודה מעבדתית לפיתוח מיומנות של עבודה ניסויית ולהמחשת עקרונות.

ג. התכנים

■ לימודים עיוניים – כיתה י"ד

טרימסטר ד: 2 ש"ש עיוני + 1 ש"ש התנסותי
 טרימסטר ה: 1 ש"ש עיוני + 1 ש"ש התנסותי

ראשי פרקים

שעות	נושאי הלימוד
	הנעה רקטית
3	1 מבוא להנעה רקטית
6	2 רקטות – מושגי יסוד וביצועים
6	3 ניתוח תרמודינמי של רקטה אידאלית
5	4 תרמוכימיה
3	5 הודפים כימיים: הרכב, אנרגטיות, ביצועים ותכונות
6	6 רקטות הודף מוצק
5	7 רקטות הודף נוזלי
2	8 סביבת החלל ואיפיוניה
36	סה"כ

פירוט התכנים (הנושאים)

שעות	נושאי הלימוד	שבוע
3	<p>מבוא להנעה רקטית</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מיון מערכות הנעה של כלי טיס: מערכות תגובה טהורה, מערכות תגובה ישירה ומערכות תגובה עקיפה ■ השוואת הביצועים של מערכות הנעה שונות ■ שימושי הרקטה ■ סוגי הנעה רקטית 	1-2
6	<p>רקטות – מושגי יסוד וביצועים</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ משוואת הדחף ■ מהירות פליטת הגזים ■ מהירות אפקטיבית ■ תקיפה כללית ■ תקיפה סגולית ■ תצרוכת דלק סגולית ■ יחס המסות ■ משוואת המהירות ■ משוואת הטווח ■ רקטות חד שלביות ורב שלביות 	3-5
6	<p>ניתוח תרמודינמי של רקטה אידאלית</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ תורת הנחיר ■ מהירות אופיינית ■ מקדם הדחף 	6-8
5	<p>תרמוכימיה</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מושגי יסוד ■ חום השרפה, חום היווצרות ■ שיווי משקל בתגובות פשוטות ■ יסודות הקינטיקה 	9-11
3	<p>הודפים כימיים: הרכב, אנרגטיות, ביצועים ותכונות</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מבוא כללי □ הודפים נזליים הודפים מוצקים ומערכות כלאיים □ הצגת טבלאות וגרפים של אנרגיית השרפה בעבור 	12-13

שעות	נושאי הלימוד	שבוע
	<ul style="list-style-type: none"> יסודות שונים □ הצגת תכונות ■ הודפים נוזליים □ הגדרה □ חד הודפים □ מחמצנים ודלקים נוזליים □ דו הודפים □ מערכות תלת הודפים ■ מערכות כלאיים ■ הודפים מוצקים: □ הגדרה, סוגי הודפים מוצקים, אנרגטיות □ הדלק □ מחמצנים מוצקים □ הרכבים וביצועים 	
6	<p>רקטות הודף מוצק</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מבנה ותיאור כללי ■ יתרונות וחסרונות ■ שימושים ודוגמאות ■ אופייני פעולה של הודף מוצק: הגדרות, נתוני פעולה כלליים וקצב בעירה ■ בליסטיקה פנימית 	14-19
5	<p>רקטות הודף נוזלי</p> <ul style="list-style-type: none"> ■ מבנה ותיאור כללי ■ יתרונות וחסרונות ■ שימושים ודוגמאות ■ תא השרפה ומערכות הזרקה ■ תהליך הבעירה ■ בליסטיקה פנימית של תא שרפה 	20-24
2	<p>סביבת החלל ואיפיוניה</p>	25-26

■ לימודים התנסותיים – כיתה י"ד

טרימסטר ד: 1 ש"ש

טרימסטר ה: 1 ש"ש

ראשי פרקים

שעות	נושאי הלימוד
12	1 בניית טילים וכן שיגור פשוטים
4	2 שיגור הטילים והערכת הגובה המרבי
8	3 סיור במכון מחקר (כגון רפא"ל)
24	סה"כ

פירוט התכנים (הנושאים)

שעות	נושאי הלימוד
4	1 תקיפה ותנע 1. מדידת זמן פעולת כוח ברווח זמן ובחישוב תקיפה על גוף 2. מדידת מהירות הגוף, לאחר התקיפה, וחישוב תנע הגוף 3. אימות משוואת המתקף – תנע
4	2 שימור התנע 1. קרונית עם "פייה" ליציאת אוויר בכיוון מקביל למסלול תנועה (הדמיה של רקטה) על מסילת אוויר 2. אימות "שימור התנע" על מערכת עם מסה משתנה
4	3 רקטת אוויר דחוס 1. בניית "רקטה", העשויה מחומרים ממוחזרים, ממולאת בלחץ אוויר 2. שיגור ה"רקטה" 3. הערכת הגובה שאליו מגיעה ה"רקטה"
4	4 סימולציות מחשב של מנוע רקטי תכנון והערכת ביצועים של מנועים רקטיים באמצעות סימולציות מחשב

שעות	נושאי הלימוד	
8	סיור במכון מחקר סיור במכון מחקר העוסק בתחום ההנעה הרקטית (כגון רפא"ל, הטכניון): 1. ביקור במעבדות המחקר 2. הכרת הודפים ומנועים רקטיים 3. מבט בניסוי שרפת הודף	5
24	סה"כ	

ד. דרכי הוראה

המקצוע הוא מקצוע המשלב לימוד תיאורטי המלווה בהתנסות מעשית במעבדות. במסגרת הפעילות המעבדתית יהיה אפשר להמחיש, להציג ולהראות דגמים, תופעות ומוצגים המאפשרים הבנה טובה יותר של החומר הנלמד. הלימוד העיוני הוא פרונטלי, בכיתת לימוד במתכונת של הרצאה, מלווה בשקפים. כחלק מן הלימוד יש לחלק ללומדים דפי עזר, דפי נוסחאות, טבלאות, תמונות וחומרים כתובים נוספים שעשויים לעזור.

סביבה התנסותית

המעבדות צריכות להיות מאובזרות ומצוידות בציוד הנדרש כדי לאפשר את הניסויים והתצוגות הנדרשות. אפשר לשלב ביקור באחד ממכוני המחקר העוסקים בתחום כדי לראות ולהתנסות.

ה. מטלות עיקריות

מטלות ביצוע (תרגילים לעבודה עצמית)

באמצעות תרגילים אלו יהיה אפשר להעריך את מידת הפנמת החומר אצל הסטודנטים ויהיה אפשר לבחון אם שיטת הלימוד הייתה יעילה או שמא החומר לא הובן והמטרות לא הושגו. בעזרת המטלות יהיה אפשר לבחון את היכולת של הסטודנטים ליישם את החומר הנלמד תוך הפעלת מיומנויות חשיבה כמו: תכנון, הסקת מסקנות, ביקורתיות. יש לתת תרגילי בית ועבודות באופן שוטף כדי לוודא שהחומר הנלמד אכן מתורגל על ידי הסטודנטים.

בחנים ומבחנים

מטרתם לבדוק ולבחון הפנמת מידע אצל הסטודנטים וכן את יכולתם להשתמש במידע שקיבלו כדי לפתור בעיות ברמה דומה או ברמה גבוהה יותר. באמצעות הבחנים והמבחנים יהיה אפשר להעריך אם הושגו מטרות הלמידה, קרי: הבנת עובדות, מושגים ועקרונות.

יש לערוך לפחות שני בחנים במהלך סמסטר ובהם לשלב שאלות מן הנושאים העיוניים שנלמדו ותורגלו. מבחן סמסטר יינתן פעם אחת במהלך הסמסטר. משקלו יהיה לא פחות מ-50% ויכלול שאלות מתומצתות בנושאים שונים שנלמדו.

1. רשימת מושגים ומילות מפתח

– תקיפה כללית	– תקיפה סגולית	– תקיפה כללית
– תצרוכת דלק סגולית	– יחס מסות	– מערכת תגובה טהורה
– טווח	– רקטה חד שלבית	– מערכות תגובה ישירה
– רקטה רב שלבית		– מערכות תגובה עקיפה
		– הודף מוצק
		– הודף נוזלי
		– מהירות אפקטיבית
– מהירות אופיינית	– מקדם הדחף	– תרמוכימיה
– חום שריפה	– חום היווצרות	– תהליך בעירה

2. ספרי לימוד מומלצים

1. הנעה רקטית, פרופ' אלון גני, הוצאת הטכניון.

3. ביבליוגרפיה (מקורות נוספים)

1. Rocket Propulsion Elements, George p. Sutton
2. Mechanics and Thermodynamics of Propulsion; Hill , P.G. and Peterson

3. אינטרנט