

# מדריך למורה: פרויקט חקר, בנייה ושיגור של רקטות מים

נושא מרכזי: כוחות, אינטראקציות, המרות אנרגיה ותהליך החקר המדעי.

קהל יעד: תלמידי חטיבת ביניים (ז'-ט').

## 1. מבוא ורקע פדגוגי

פרויקט רקטות המים הוא כלי עוצמתי להוראת פיזיקה יישומית. הוא משלב עקרונות של מכניקה קלאסית עם תהליך תכנון הנדסי (Engineering Design Process).

### מטרות לימודיות:

- הבנת חוקי ניוטון: יישום החוק השלישי (פעולה ותגובה) והחוק השני ( $F = ma$ ).
- לחץ וחומר: הבנת הקשר בין נפח, לחץ וכוח ( $P = F/A$ ).
- אנרגיה: זיהוי המרות אנרגיה מאנרגיה פוטנציאלית אלסטית (אוויר דחוס) לאנרגיה קינטית.
- מיומנויות חקר: בידוד משתנים, מדידות גובה, וניתוח תוצאות.

## 2. דגשי בטיחות (קריטי!)

שיגור רקטת מים מערב לחצים גבוהים ומהירויות נסיקה משמעותיות.

- ציוד הגנה:** חובה להשתמש במשקפי מגן לכל התלמידים הנמצאים בטווח של 10 מטרים מהמשגר.
- מגבלת לחץ:** אין לעבור לחץ של PSI 60-70 (כ-4-5 אטמוספרות) בשימוש בבקבוקי משקה רגילים, אלא אם כן מדובר בציוד ייעודי שנבדק ללחצים גבוהים יותר.
- אזור סטריילי:** הגדרת "שטח שיגור" אליו נכנס רק איש צוות אחד בכל פעם. הקהל יעמוד במרחק של לפחות 15 מטרים מאחורי קו השיגור.
- בדיקת תקינות:** אין להשתמש בבקבוקים עם שריטות עמוקות, דפורמציות או כאלו שנחשפו לשמש זמן ממושך (פוגע בחוזק הפלסטיק).

## 3. רקע מדעי לתלמידים

- החוק השלישי של ניוטון:** הרקטה דוחפת את המים כלפי מטה (פעולה), והמים דוחפים את הרקטה כלפי מעלה (תגובה).
  - המרות אנרגיה:**
- אנרגיה שרירית (פימפום המשאבה)  $\leftarrow$  אנרגיה פוטנציאלית אלסטית של האוויר הדחוס.
  - שחרור הנצרה  $\leftarrow$  המרת האנרגיה לאנרגיה קינטית של המים והבקבוק.
  - נסיקה  $\leftarrow$  המרת אנרגיה קינטית לאנרגיה פוטנציאלית כובדית ( $E_p = mgh$ ).

- אווירודינמיקה: השפעת הגרר (חיכוך עם האוויר) ומרכז הכובד על יציבות הטיסה.

## 4. מדריך הבנייה (שלבי עבודה)

### חומרים נדרשים (לכל קבוצה):

- בקבוק 1.5 PET ליטר (חובה משקה מוגז - עמיד בלחץ).
- קרטון ביצוע או פלסטיק קשיח (לכנפונים).
- מסקינטייפ / סרט חבלה (Duct Tape).
- משקולת קטנה לחרטום (פלסטלינה או כדור טניס חצוי).

### שלבי הבנייה:

1. **הכנפונים (Fins):** גזירת 3-4 כנפונים והדבקתם בחלקו התחתון של הבקבוק (קרוב לפיה). תפקידם לייצב את הרקטה.
2. **החרטום (Nose Cone):** יצירת קונוס מחלק עליון של בקבוק נוסף והצמדתו לתחתית הבקבוק המקורי. חרטום אווירודינמי מפחית גרר.
3. **איזון:** הוספת מעט פלסטלינה בראש החרטום כדי להעביר את מרכז המסה קדימה, מה שמבטיח טיסה ישרה ולא סחרור.

## 5. הצעות לשאלות חקר (מה ההשפעה של... על...?)

ניתן לחלק את הכיתה לקבוצות שונות, כשכל קבוצה חוקרת משתנה אחר:

1. **נפח המים:** "מה ההשפעה של כמות המים בבקבוק (0, 1/3, 1/2, 3/4) על גובה השיגור המקסימלי?"
2. **לחץ האוויר:** "מה ההשפעה של לחץ האוויר ב-20, 40, 60 PSI) על זמן השהייה באוויר?"
3. **אווירודינמיקה:** "מה ההשפעה של מספר הכנפונים (2, 3, 4) על יציבות המסלול וגובה השיגור?"
4. **מסה:** "מה ההשפעה של הוספת משקל לחרטום על מרחק הטיסה האופקי?"

## 6. התאמות לרמות שונות

- **רמה בסיסית (כיתה ז'):** התמקדות בבנייה ובצפייה איכותנית (לראות איך המים יוצאים). דגש על חוק הפעולה והתגובה.
- **רמה בינונית (כיתה ח'):** מדידת זמנים באמצעות סטופר וחימוש בחישובי מהירות ממוצעת. שימוש בנוסחת הלחץ הבסיסית.
- **רמה מתקדמת (כיתה ט' / מצוינות):**
  - שימוש בטריגונומטריה למדידת גובה (מדידת זווית מצופה במרחק ידוע מהמשגר).
  - חישוב אנרגיה קינטית בשיגור:  $E_k = \frac{1}{2}mv^2$ .
  - ניתוח וידאו (Tracker) לחישוב תאוצה ברגע השיגור.

## 7. סיכום והערכה

לבקש מהתלמידים להגיש דוח חקר הכולל:

- תיאור המבנה (שרטוט או צילום).
- טבלת תוצאות (ניסוי 1, 2, 3).

- מסקנות: מהו היחס האופטימלי בין מים לאוויר? (רמז: בד"כ שלישי בקבוק מים נותן את התוצאה הטובה ביותר בשל השילוב בין מסה לדחף).
- הערה: השיגור הינו באחריות המורה המנחה בלבד. יש לוודא שטח פתוח ללא חוטי חשמל או מבנים קרובים.