

ממעבדת האווירודינמיקה לשולחן העבודה

# פוליסטיסון: סודות התעופה

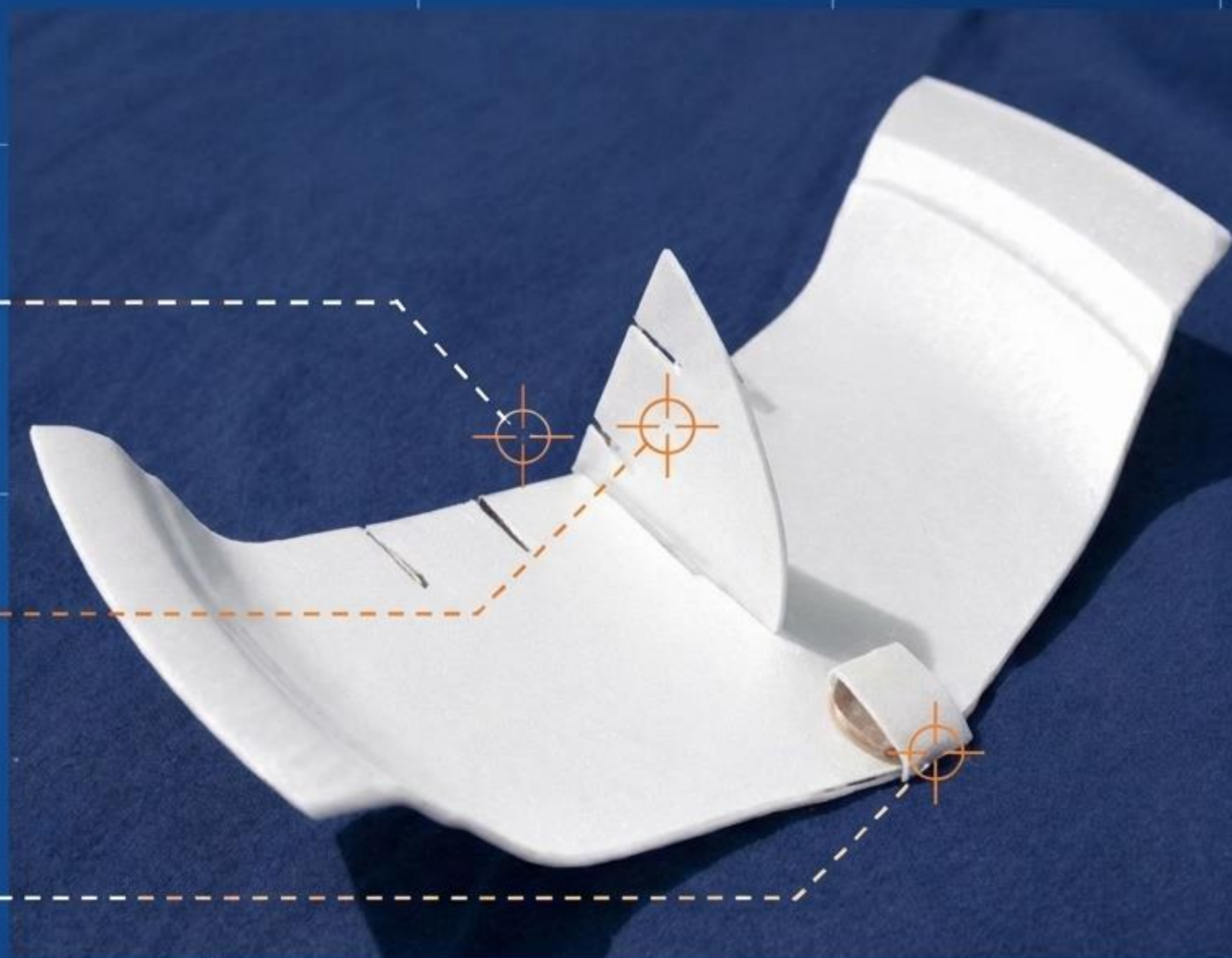
איך מטוסים של מאות טונות (וטיסני קלקר  
קטנים) מנצחים את כוח המשיכה?

# המשימה שלנו: בניית פוליסטין

**גוף הטיסן:** עשוי מלוח פוליסטירן מוקצף (מצלחת 23 ס"מ). קל משקל, קל לחיתוך ומאפשר שטח כנף גדול במינימום מסה.

**משטחי הזנב:** מורכבים בחריצים ייעודיים לייצוב הטיסה.

**חרטום הטיסן:** כאן נוסף משקולות (פינים פצילים של 18 מ"מ) כדי לשלוט באיזון.



# 4 הכוחות ששולטים בשמיים

[↑] **עילוי (Lift):** הכוח שדוחף  
כלפי מעלה. נוצר ממפגש האוויר  
האוויר עם הכנפיים.

[←] **דחף (Thrust):** הכוח שמניע  
קדימה. במטוס – מהמנוע.  
בטיסן – מתנועת היד שלנו.

[→] **גרר (Drag):**  
התנגדות האוויר לתנועה.  
מאט את המטוס.

[↓] **משקל (Weight):** כוח  
הכבידה שמושך כלפי מטה.  
תלוי במסת כלי הטיס.

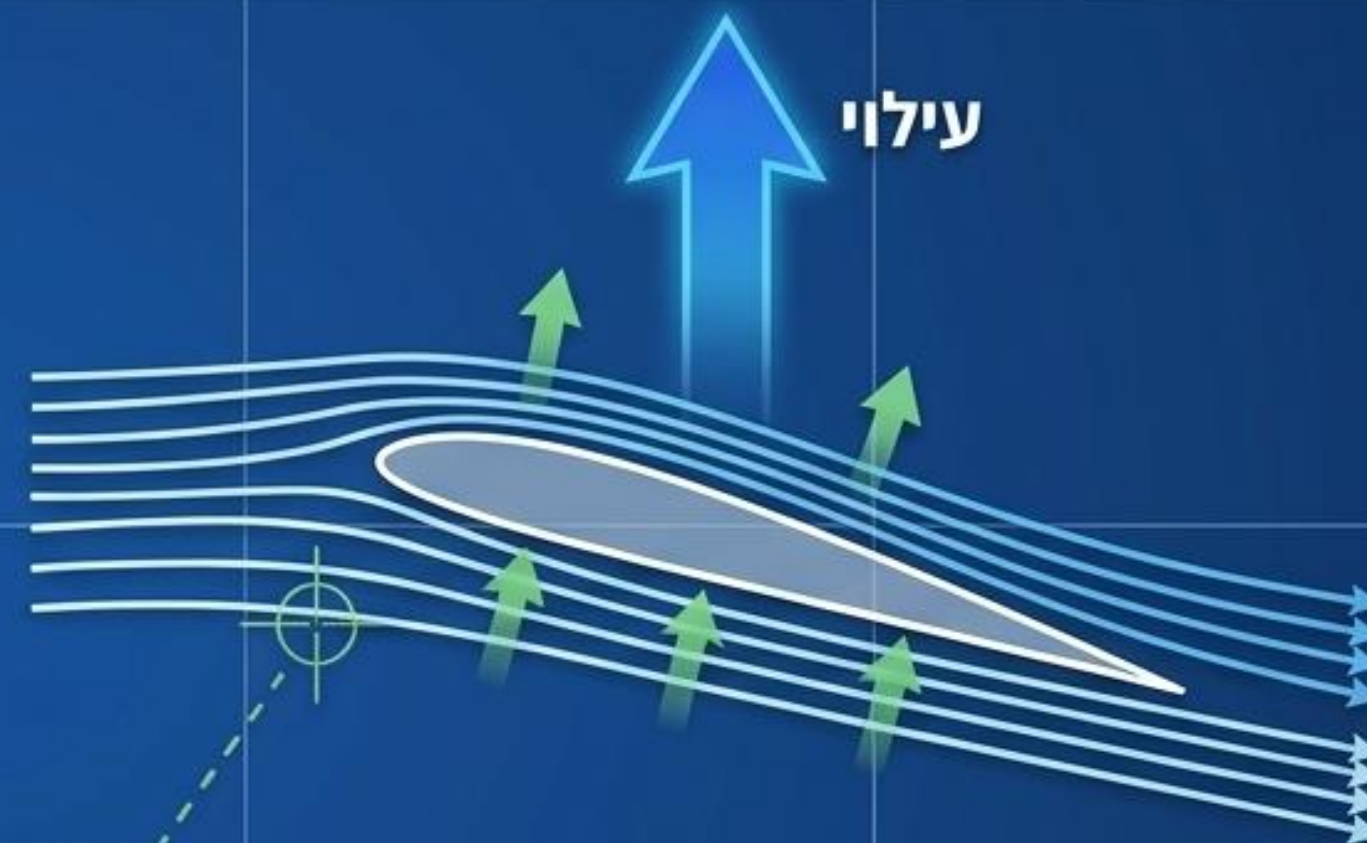


כדי לטוס, העילוי חייב לנצח את המשקל, והדחף חייב להתגבר על הגרר.

# סוד הכנף וסכנת ההזדקרות



**הזדקרות (Stall):** כאשר הזווית גדולה מדי (האף גבוה מדי), זרימת האוויר מתנתקת מהכנף. העילוי צונח בדרמטיות, והאף נופל מטה.



**זווית התקפה תקינה:** האוויר זורם בצורה חלקה סביב הכנף, ויוצר כוח עילוי כלפי מעלה בהתאם להפרשי לחצים ולחוק השלישי של ניוטון.

# ה"בוס" של היציבות: מרכז הכובד



לא מספיק לדעת כמה המטוס שוקל. השאלה הגורלית היא: **איפה המשקל ממוקם?**

מרכז הכובד הוא נקודת האיזון שבה מרוכז כל משקל המטוס. המיקום המדויק של הנקודה הזו הוא הגורם המכריע ביותר ליציבות כלי הטיס באוויר.

# מה קורה כשהאיזון מופר?

## מרכז כובד אחורי מדי



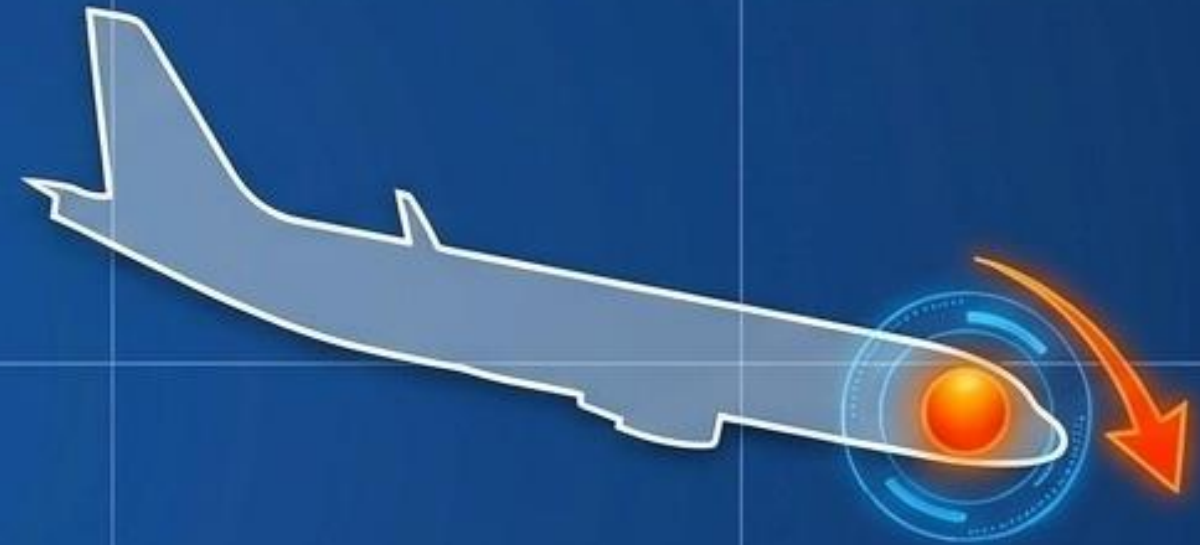
✦ האף עולה בקלות רבה

✦ כלי טיס רגיש ולא יציב

✦ קשה לשלוט בזווית העלרוד

✦ סכנה חמורה לכניסה להזדקרות מהירה

## מרכז כובד קדמי מדי



✦ האף נוטה לרדת

✦ מטוס יציב אך נוקשה

✦ נדרש כוח עצום להרים את האף

✦ גלישה תלולה ופגיעה בביצועים

# כשמרכז הכובד משתבש: סיפור אמיתי

29 באפריל 2013. מטוס בואינג 747 של  
National Airlines ממריא מאפגניסטן  
כשהוא נושא 5 רכבים משוריינים (12-18  
טון כל אחד).

1. המראה והאצה חזקה.



2. אחד הרכבים הכבדים  
משתחרר מהעיגון ונע  
במהירות לאחור אל עבר הזנב.



3. מרכז הכובד זז  
לאחור באופן קיצוני.



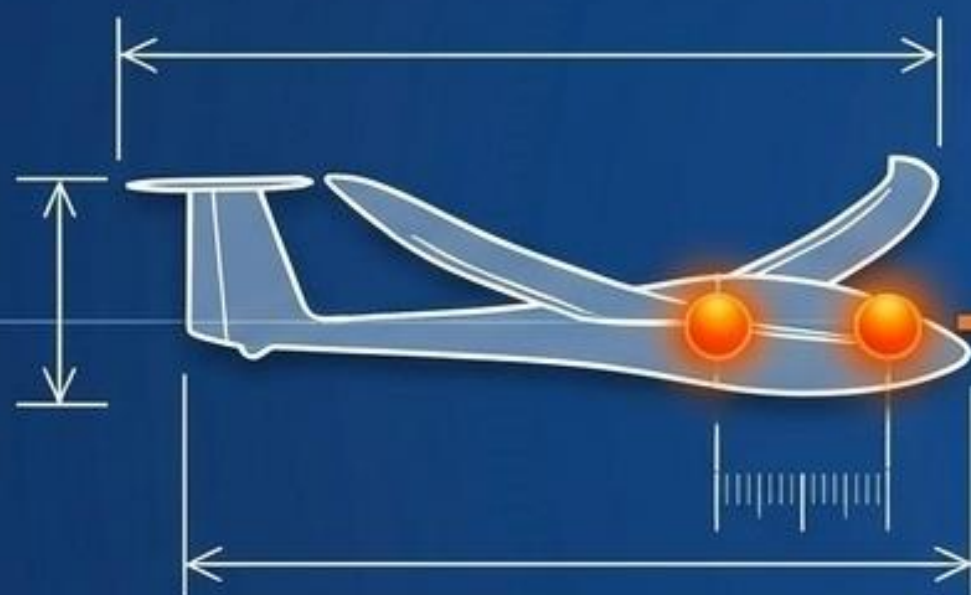
4. אף המטוס מזדקר  
לזווית קטלנית. אובדן כוח  
עילוי והתרסקות.



## העיקרון הפיזיקלי אינו משחק - מיקום המטען מכריע גורלות.

# מבואינג ענק לפוליסטיסן שלכם

בטיסן שלנו אנחנו חייבים לשלוט במרכז הכובד כדי למנוע את מה שקרה למטוס המטען.



אותה פיזיקה בדיוק



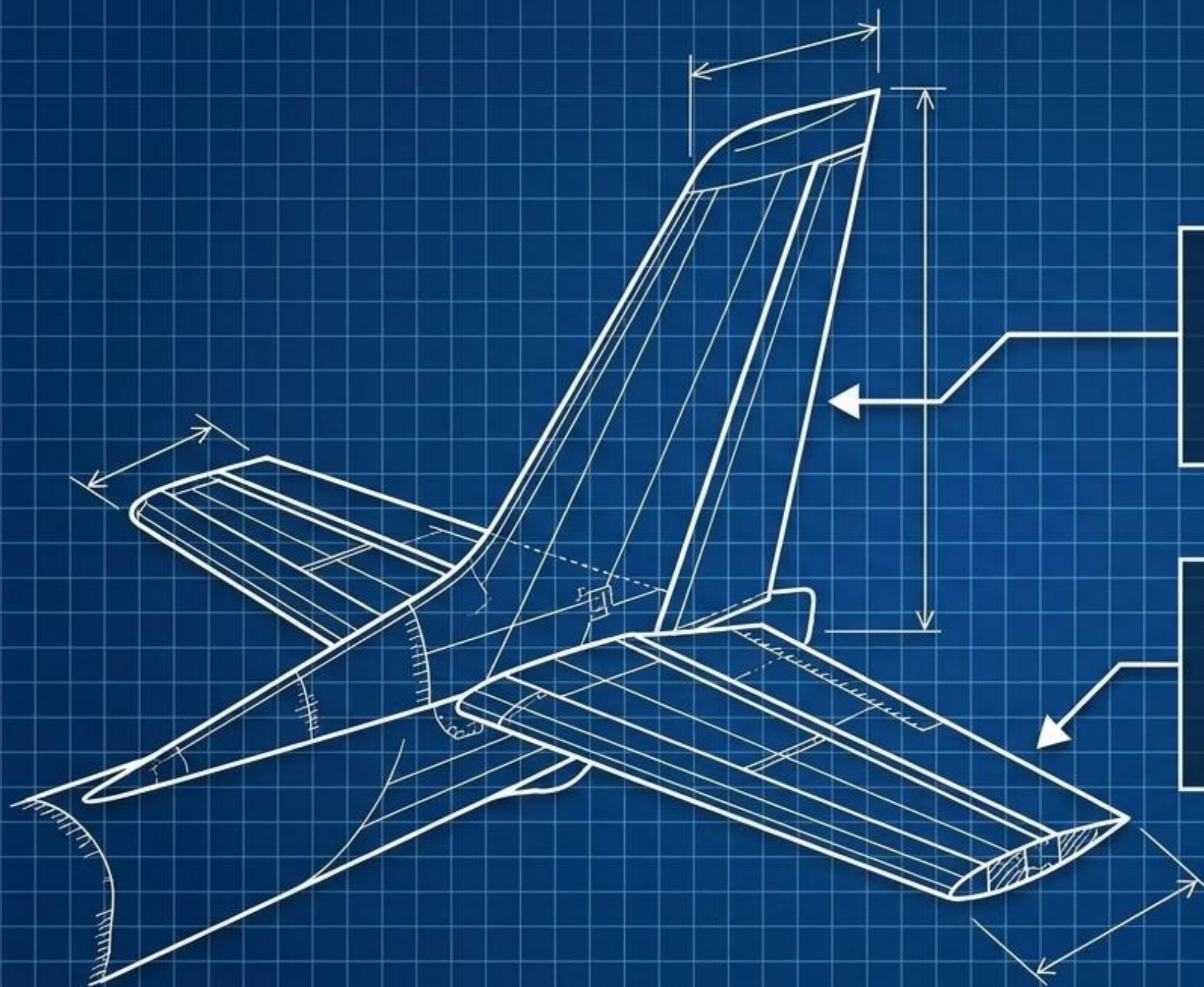
## למה מוסיפים פינים פצילים לאף הטיסן?

הפוליסטירן קל מאוד. ללא משקולות בחרטום, מרכז הכובד ייטה לאחור (האף יעלה ונגיע להזדקרות). המשקולות מעבירות את מרכז הכובד קדימה ומאפשרות גלישה יציבה.

# משטחי השליטה: תפקיד הזנב

**מייצב אנכי (Vertical Stabilizer):**  
שומר על כיוון הטיסה ומונע מהטיסן  
להסתובב ימינה או שמאלה  
(סבסוב). [1]— $\phi$ —[2]

**מייצב אופקי (Horizontal Stabilizer):**  
שולט בנטייה של האף לעלות או  
לרדת (עלרוד). [3]— $\theta$ —[4]

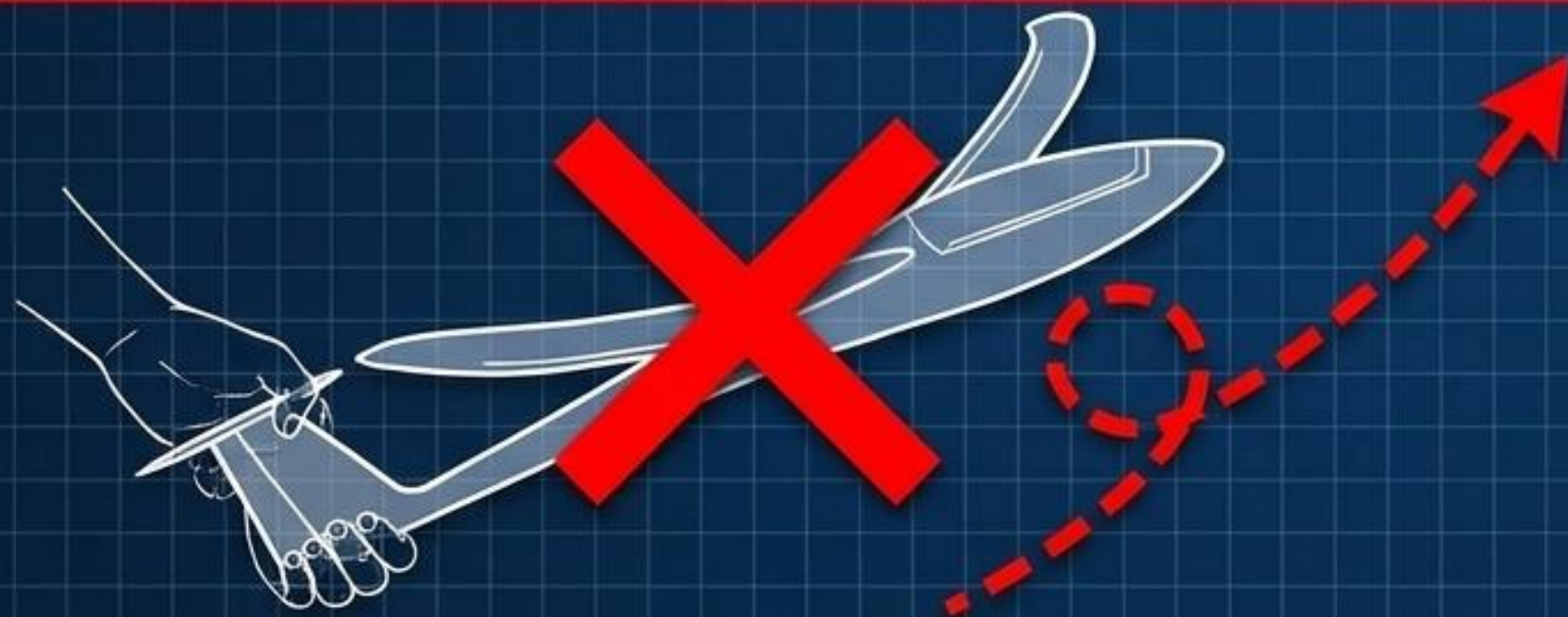


# טכניקת הטסה: יציאה לניסוי



## DO (עשה):

אחיזה עדינה במרכז הגוף.  
דחיפה קלה, חלקה ואופקית קדימה.  
המטרה: גלישה ארוכה ויציבה.



## DON'T (אל תעשה):

אל תזרקו בכוח.  
אל תטילו בזווית תלולה כלפי מעלה.  
זוהי בדיקת אווירודינמיקה,  
לא תחרות כוח.

# תוכנית החקר במעבדה



# המשימה שלכם מצאו את נקודת האיזון.

ראיתם כיצד מרכז הכובד יכול לרסק מטוס של מאות טונות, וכיצד משקולת של גרמים בודדים משנה לחלוטין את טיסת הפוליסטיסן.

**חתכו את השבלונות, הרכיבו את המשטחים, וצאו  
לבדוק את הפיזיקה באוויר. עבודה נעימה!**