

מערכי שיעור בנושא :

טיסנאות ותעופה



חלק א'
מהדורה זמנית

תוכן עניינים

| <u>עמודים</u> | <u>מס' שיעור</u> | <u>נושא</u> |
|---------------|------------------|-------------------------------------|
| 3 | 1 | הוראות בטיחות בעבודת הטיסנאים |
| 4-5 | 2 | חלוצי התעופה וקצת הסטוריה |
| 6 | 3 | חלקי הטיסן |
| 7-9 | 4 | מרכז כובד ואיזון הטיסן |
| 10 | 5 | התעופה |
| 11 | 6 | ווקטורים |
| 13-12 | 7 | לחץ |
| 14-15 | 8 | האוויר |
| 16-17 | 9 | חוק ברנולי |
| 18-20 | 10 | כוח העילוי |
| 21-22 | 11 | שלושה כוחות נוספים הפועלים על המטוס |
| 23-24 | 12 | צירי המטוס |

הוראות בטיחות בעבודת הטיסנאים

לפניך כללי בטיחות חשובים שעליך לשמור במהלך עבודתך בחוג הטיסנאות. שמירה על כללים אילו תבטיח לך ולחבריך הנאה בחוג לכל השנה.

1. יש להישמע להוראות המדריך.
2. הגע לפעילות עם נעליים סגורות.
3. אין להריח חומרים ודבקים. אדי הדבק עלולים להיות מסוכנים.
4. יש לעבוד בחדר מאוורר.
5. **"הסכין איננו רע הוא לא רשע הוא לא נורא, אבל הוא חד אז זה סימן שהסכין הוא מסוכן"** ולכן הנה לך מספר כללים בעבודה עם סכין :
 - 5.1. עבודה בסכין יפאני על פי הוראת מדריך בלבד.
 - 5.2. יש להוציא בעבודה לכל היותר שלושה להבים.
 - 5.3. בגמר השימוש, אין להשאיר סכין פתוחה על השולחן.
 - 5.4. לפני העבודה יש לנעול את הסכין בעזרת הנועל המיוחד הקיים.
 - 5.5. חיתוך יעשה באמצעות סרגל מתכת בלבד.
 - 5.6. בזמן החיתוך אסור להפעיל כוח. יש לבצע חליפות חיתוך רבות ככל שניתן.
 - 5.7. אסור לעבוד עם להב כהה. החלפת הלהבים ושבירתם תעשה על ידי המדריך.
6. כל שימוש בדבק ציאנו אקרילט (דבק 3 שניות) ייעשה על ידי המדריך בלבד.

עבודה נעימה
צוות הארה, תוכניות העשרה בע"מ

חלוצי התעופה וקצת היסטוריה

למרות שציפורים עפות להם אלפים בשנים, הרי שבני האדם הבינו את יסודות התעופה רק ב- 200 השנים האחרונות. ידועים עוד סיפורים מימי המיתולוגיה היוונית, המפורסם ביותר הוא סיפורם של "דדלוס ואיקרוס", שהדביקו לידיהם נוצות בנסיון לעוף ולרוע מזלם, כשהתקרבו לשמש, נמס הדונג ששימש כדבק ואלו צללו אל מותם.

לפניך סקירה של חלוצים, שהתביעו את חותמם על עולם התעופה, בלעדיהם נראה היה עולמנו אחרת לגמרי.

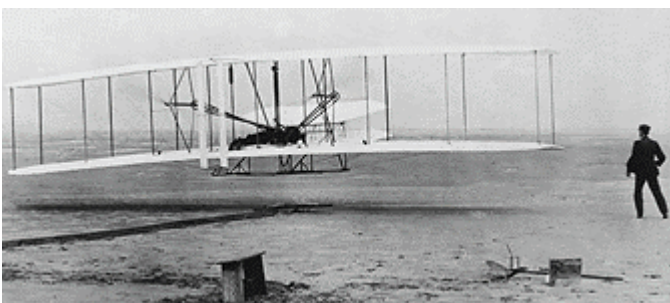
ליאונרדו דה וינצ'י – נולד בשנת 1452 באיטליה. מעבר להיותו צייר ואמן, היה ליאונרדו גם ממציא. המצאתו הגדולה בתחום התעופה הייתה "בורג אווירי". זוהי מכונה דמוית הליקופטר שכאשר כנפיה מסתובבים הם יוצרים עילוי. כנפיים אילו לעולם לא נוסו ותכנונו נשאר מצויר. מומחי תעופה בן זמנינו רואים בהמצאה זו ניצוץ גאוני השייך לאיש.



האחים מונגולפיה – האחים הצרפתיים הפריחו בפעם הראשונה כדור פורח לאוויר בשנת 1783 ליד פריז. כאן השתמשו בעיקרון תעופתי אחר שאינו קשור דווקא לתחום האווירודינמיקה בפיסיקה אלה לעקרון אחר של התפשטות גזים.



האחים רייט
בשנת 1903 בצעו האחים האמריקנים המפורסמים את הטיסה הממונעת הראשונה בהיסטוריה.



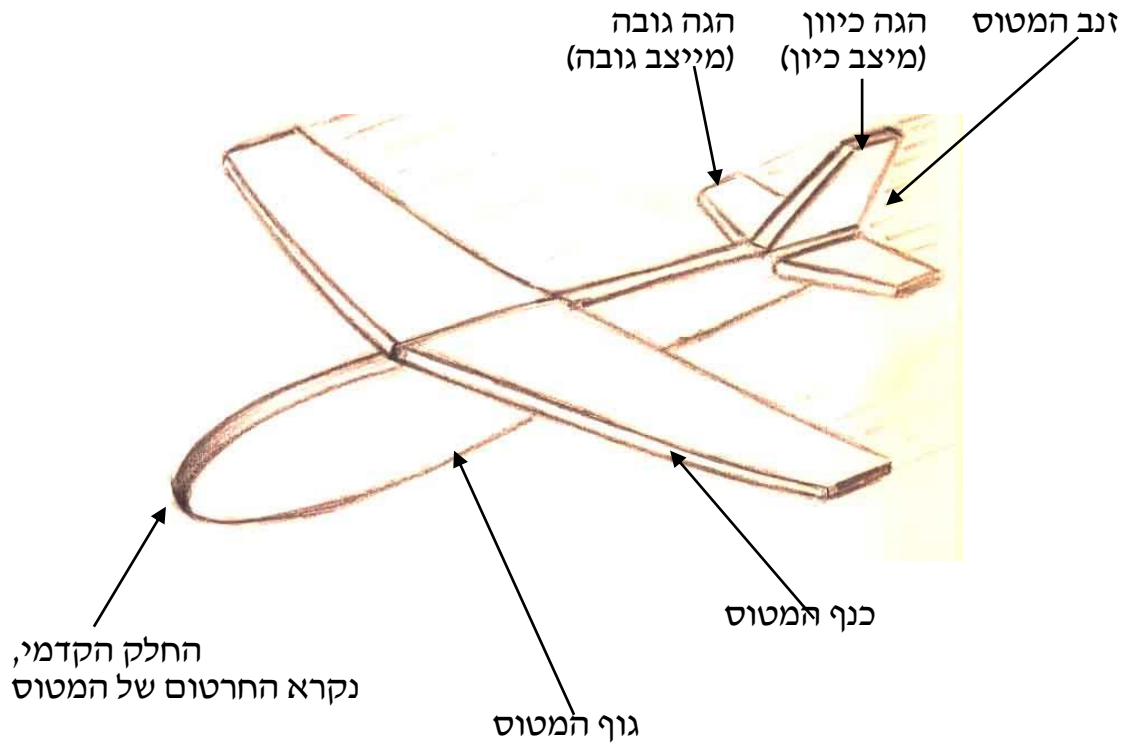
1947, המטוס הראשון החוצה את מהירות הקול 1 מאך. הדבר נעשה על ידי חיבור כוח רקטה למטוס בל איקס - 1.



1969 - "צעד קטן לאדם, צעד גדול לאנושות" כך אמר ניל אמסטרונג בהגיעו לירח במשפט שלעולם לא יישכח. האסטרונאוט נחת ממעבורת החלל אפולו 11 והוכיח כי הגלקסיה כולה הנה נחלת האדם.

חלקי הטיסן

לכל חלק בטיסן יש שם. עלינו להכיר את חלקי הטיסן ושמותיהם על מנת שנוכל לדבר בשפה משותפת, שפה מקצועית ונכונה.



זווית הכנף נקראת **זיהדור**.

החלק הקדמי של הכנף נקרא **שפת התקפה** והחלק האחורי של הכנף נקרא **שפת זרימה**. כך גם לגבי כל חלק הטיסן הגורם לעילוי יש שפת התקפה ושפת זרימה, לדוגמא: מייצב הגובה ומייצב הכיוון.

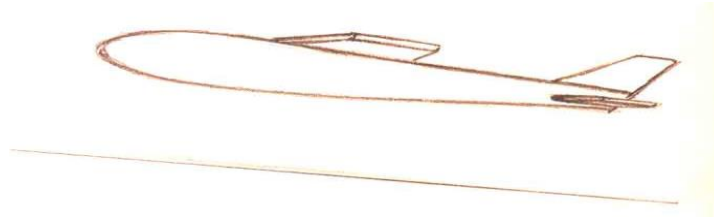
שפת ההתקפה היא הנקודה בה פוגש האוויר לראשונה את "המשטח" המייצר עילוי.

מרכז כובד ואיזון הטיסן

מרכז הכובד הוא נקודת שיווי המשקל של הטיסן. כלומר, כאשר נחזיק את הטיסן במרכז הכובד שלו הוא יהיה במצב שיווי משקל.

מה זה מצב שיווי משקל?

מצב שיווי משקל הוא מצב בו הטיסן אופקי כלפי הקרקע. הטיסן מקביל לקרקע.



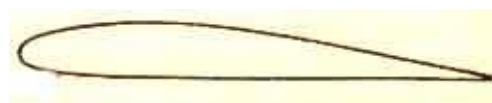
בכל הטיסנים שאנו נבנה מרכז הכובד הוא 50%.

מה המשמעות של מרכז כובד 50%?

קודם עלינו לשאול – 50% ממה? והתשובה לכך היא 50% משפת ההתקפה של הכנף. נמדוד את המיתר של מרכז הכנף. מיתר – המרחק משפת ההתקפה לשפת הזרימה.



במקרה שלנו מרכז הכובד, כאמור, הוא 50%, כלומר, בדיוק במרכז הכנף.



נקי מרכז כובד

יש טיסנים בהם מרכז הכובד הוא לא 50%. למשל, מצאו את מרכז הכובד של הכנף של הכנף הבאה, אם ידוע שמרכז הכובד שלה צריך להיות 70%:

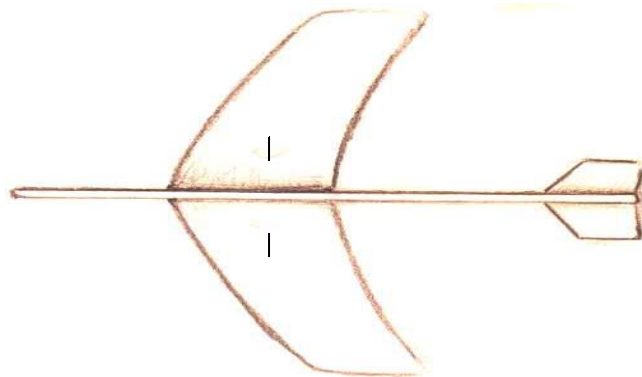


אם הבנתם זאת, אז מצאתם שמרכז הכובד הוא 70 מ"מ משפת ההתקפה.

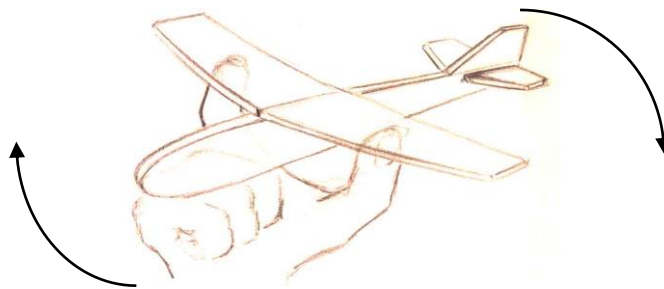
איך מאזנים טיסן לפי מרכז הכובד?

כאמור, בטיסנים שלנו מרכז הכובד הוא 50%. רצוי מאוד לסמן את נקודת מרכז הכובד על כל חלק של הכנף.

מבט מלמעלה:



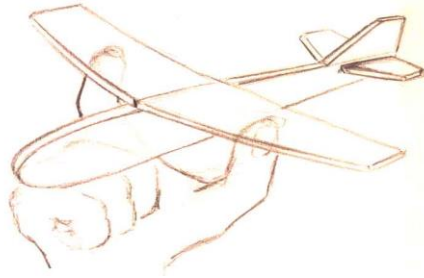
לפני שנמשיך נערוך ניסוי קטן:
נחזיק את הטיסן במרכז הכובד שלו.
איך נעשה זאת? שימו לב לאיור הבא:
מצב של חוסר משקל בחלק הקדמי:



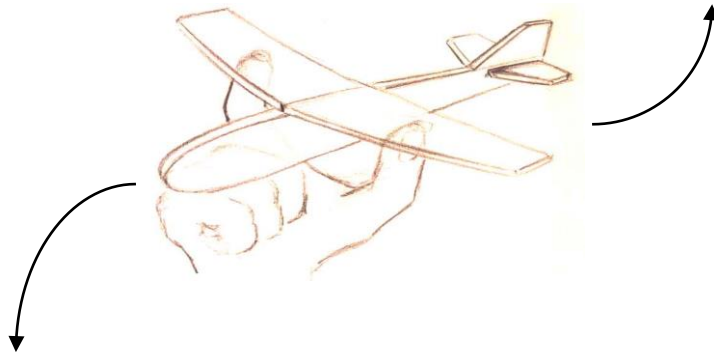
בעזרת שתי אצבעות הנוגעות אך ורק בנקודות שסימנו.
מה קרה לטיסן? הוא נפל אחורה.
מה זה אומר? זה אומר שחסר לו משקל בחלק הקדמי.

חלקו הקדמי של הטיסן הוא החלק מהאצבעות שעל הנקודות עד לחרטום. ולהפך,
החלק האחורי של הטיסן הוא החלק מהאצבעות עד לזנב הטיסן.

כאמור, הטיסון בבדיקה הראשונה נפל אחורה, כי חלקו האחורי שוקל יותר מחלקו הקדמי. לכן, נוסיף משקל לחלקו הקדמי עד שנגיע למצב שהטיסון, המונח על האצבעות, נמצא במצב אופקי כלפי הקרקע.



כאשר נוסיף יותר מידי משקל לחלק הקדמי של הטיסון, החלק הקדמי יהיה כבד יותר והטיסון כולו ייפול כלפי מטה.



נסו לאזן את הטיסונים שלכם בעצמכם על מנת להבין את נושא מרכז הכובד.

חשוב:

כאשר מרכז הכובד של הטיסון הוא לא כדרוש הטיסון לא יטוס כמו שצריך.

התעופה

בני האדם יכולים לנוע ממקום למקום בכמה צורות: ביבשה, בים ובאוויר.

הגורם העיקרי המבדיל טיסה באוויר משייט בים ונסיעה ביבשה הוא שלשם טיסה באוויר צריך מכונה (מטוס) המרחפת באוויר. טיסה באוויר הנה תנועה בעולם שהנו תלת מימדי לעומת תנועה ביבשה שהנה דו מימדית.

אז למה בעצם לנוע באוויר?

לתנועה באוויר יש יתרון עיקרי על פני תנועה בים או ביבשה והוא – זמן ההגעה ממקום למקום הוא הקצר ביותר.

כאשר גוף, כמו מטוס, נע באוויר נוצרים כוחות ולחצים של האוויר על אותו גוף. הכוחות והלחצים הללו יוצרים את כוח העילוי, הגורם לגוף להשאר באוויר. על מנת להכיר את השפעת האוויר על גופים הנעים בו יש לחקור וללמוד תופעות אלו, ובכך עוסקת תורת האווירודינמיקה.

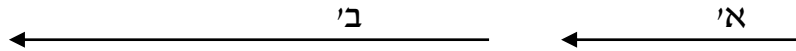
אווירודינמיקה – מילה ארוכה המורכבת למעשה משתי מילים: 'אוויר', כלומר אוויר, ו'דינמיקה' – תנועה של גופים. אם נחזור למילה אווירודינמיקה, היא בעצם אומרת חקר תנועת גופים הנעים באוויר, חקר זרימת האוויר.

ווקטורים

ווקטור הוא ביטוי לגודל של כוח מסויים הפועל על גוף אחר.

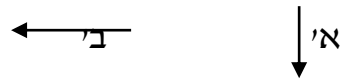
את הווקטור, הכוח, נסמן בעזרת חץ, כאשר גודל החץ מעיד על גודל הכוח. כלומר, ככל שהחץ ארוך יותר כך הכוח הפועל הוא גדול יותר. גם הכיוון של החץ משמעותי. כיוון החץ יקבע בעצם את כיוון פעולת הכוח.

דוגמא לווקטורים בעלי גודל שונה וכיוון זהה:



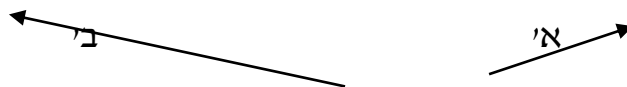
ווקטור ב' גדול מווקטור א', לכן נוכל לומר שהכוח שיוצר ווקטור ב' הוא גדול מהכוח שיוצר ווקטור א'.

דוגמא לווקטורים בעלי כיוון שונה וגודל זהה:



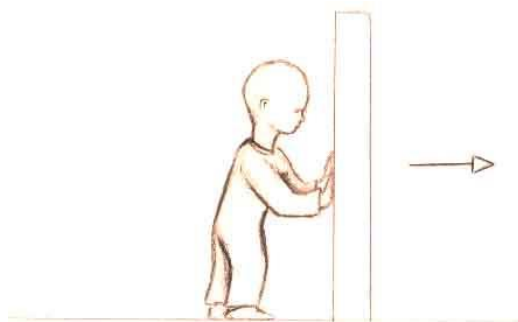
שני הווקטורים הם בעלי אותו גודל, לכן הם מייצרים כוח בגודל שווה, אך הכיוון בו הכוח מופעל בכל אחד מהם שונה. ווקטור א' מפעיל כוח למטה בעוד ווקטור ב' מפעיל כוח לצד שמאל.

דוגמא לווקטורים שונים:



כדי להבין את המושג ווקטור בצורה יותר מוחשית התבוננו בציורים הבאים:

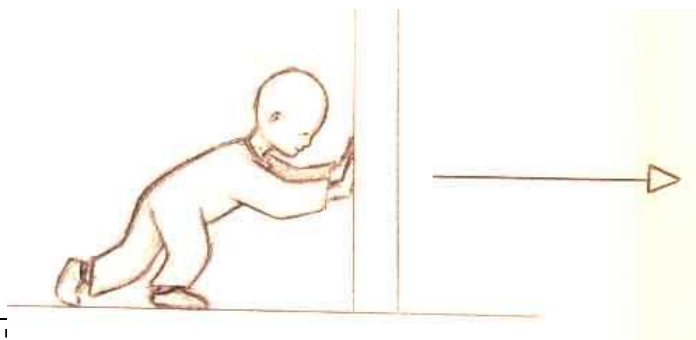
(א)
הילד בתמונה א' מפעיל כוח על הקיר. את הכוח נתאר בעזרת ווקטור (כפי שניתן לראות בצד השמאלי של הציור). שימו לב לגודל הכוח ולכיוונו. בציור ב' ישנו ילד המפעיל גם הוא כוח על הקיר, אך הכוח אותו מפעיל הילד בציור ב' גדול יותר מאשר הכוח שמפעיל הילד בציור א', לכן הווקטור שיוצר ילד ב' הוא גדול יותר



מהווקטור שיוצר ילד א'.

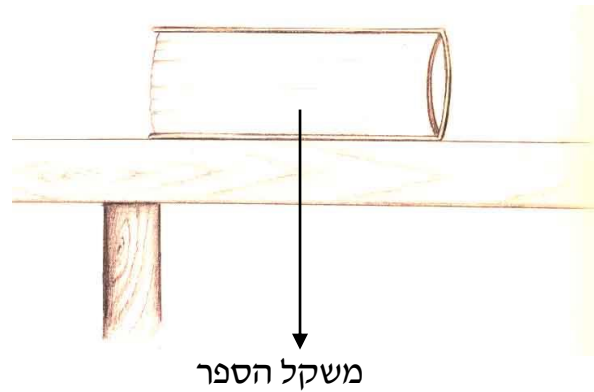
כך נוכל לתאר כל כוח הפועל על משטח מסויים בעזרת ווקטור (חץ) המראה את (ב)

כיוונו וגודלו של הכוח.

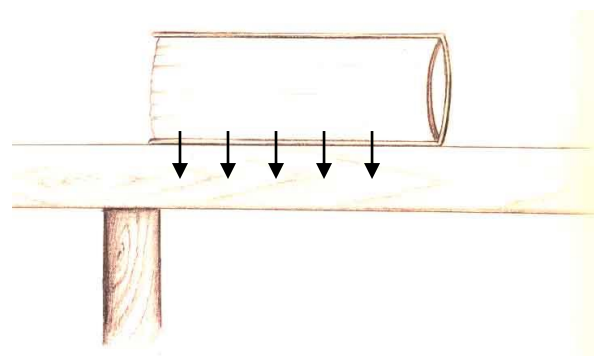


לחץ

לחץ נוצר כתוצאה מכוח מסוים, ווקטור, הפועל על משטח מסוים.
לדוגמא, כאשר ספר מונח על השולחן הוא יוצר לחץ על השולחן.



הכוח שמפעיל הספר על השולחן הוא בעצם משקלו של הספר. בין הספר והשולחן נוצר לחץ אשר גם אותו ניתן לתאר כווקטור. הלחץ פועל בכל מקום שיש מגע בין הספר לשולחן.



בעצם, אם נחבר את כל החצים הקטנים של הלחץ נקבל את הווקטור של המשקל.

$$\text{משקל הספר} \downarrow = \downarrow + \downarrow + \downarrow + \downarrow$$

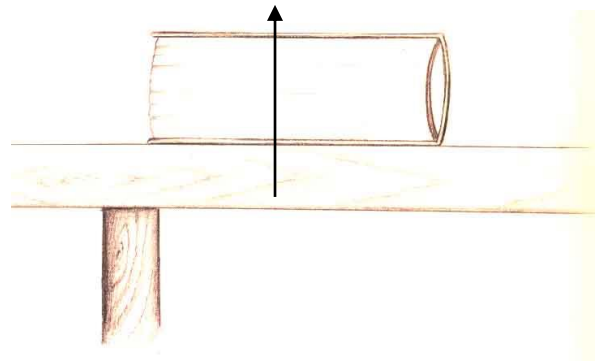
הלחץ הוא בעצם תוצאה של התנגדות השולחן לספר.

למה הכוונה בהתנגדות השולחן?

אם לא היה שולחן והספר היה באוויר, הרי שברור לנו שהספר היה מתחיל ליפול מטה (נפילה חופשית). השולחן בעצם מונע מהספר ליפול ע"י כך שהוא מתנגד לכוח שהספר מפעיל עליו.

השולחן בעצם מפעיל גם הוא כוח על הספר באותו הגודל אך בכיוון ההפוך.

הכוח שהשולחן מפעיל על הספר



אם נחבר את שני הווקטורים של השולחן ושל הספר (שימו לב הם הפוכים בכיוונם) נקבל:

$$0 = \uparrow + \downarrow$$

סה"כ הכוחות הפועלים הוא 0 ולכן הגוף, הספר והשולחן, נמצאים במצב של מנוחה ללא תנועה.

למצב זה קוראים מצב של שיווי משקל. כל גוף הנמצא במנוחה נמצא בשיווי משקל.

בין כל שני גופים (כמו הספר והשולחן) הנוגעים זה בזה ומפעילים כוח אחד על השני קיים לחץ.

חוק הפעולה והתגובה של ניוטון מתאר בדיוק את מה שכבר הזכרנו קודם. כאשר גוף מסוים מפעיל כוח על גוף אחר הגוף השני יפעיל את אותו הכוח רק בכיוון ההפוך מהגוף הראשון.

מצב זה של חוסר תנועה, מנוחה, מוגדר כמצב סטטי.
כאשר אומרים שמהו הוא סטטי מתכוונים לכך שהוא לא בתנועה (לדוגמא: ילד עומד).

ההפך ממצב סטטי הוא מצב דינאמי.
כאשר אומרים על משהו שהוא דינאמי מתכוונים לכך שהוא בתנועה (לדוגמא: ילד רץ).

כיוון שאנו נעסוק במטוסים הטסים באוויר, עלינו להכיר את תכונות האוויר וכמה מחוקי הפיסיקה החלים עליו.

עלינו להבין בסופו של דבר כיצד האוויר מצליח להחזיק את המטוסים וליצור את כוח העילוי.

האוויר הוא תערובת של גזים (78% חנקן, 21% חמצן ו- 1% גזים אחרים). כמו כן, באוויר מצויים אדי מים המשמשים ליצירת עננים. מכל הגזים המרכיבים את האוויר, החשוב לנו ביותר הוא החמצן מכיוון שהוא משמש לנשימת האדם ולתהליך שריפת הדלק במנועי מטוסים.

אם היינו יכולים לראות את האוויר, מה היינו רואים כאשר מטוס היה טס? כדי לענות על שאלה זו תארו לכם אנייה השטה במים. את זרימת המים סביב האנייה ניתן לראות. ניתן גם לראות, למשל, שבקצה האחורי של האנייה יש מערבולות של מים.

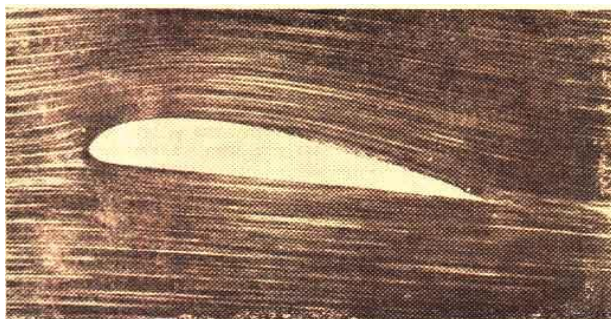
מדענים גילו כי זרימה של נוזלים סביב גופים דומה מאוד לזרימה של אוויר סביב גופים. נוזלים וגזים מוגדרים כפלואידים. בקיצור, אפשר לומר שכמעט כל הפלואידים מתנהגים בצורה דומה סביב גופים הנעים בהם. כך ניתן ללמוד על תנועת גופים באוויר ע"י תנועת גופים במים, למשל. (המים בזרימתם סביב גופים יתנהגו בדיוק אותו הדבר כמו שאוויר היה סובב את הגופים).

אך אפשר גם לגרום לאוויר להיראות. נסו לחשוב איך נגרום לאוויר להיראות? בצורה מאוד פשוטה, למשל באמצעות עשן. עשן, הנראה לעין, נדבק בעצם לחלקיקי האוויר ונע איתם.

כאשר אנו רואים עשן של סיגריה, למשל, אנו יכולים לראות את מהלך זרימת האוויר בעזרת העשן של הסיגריה.

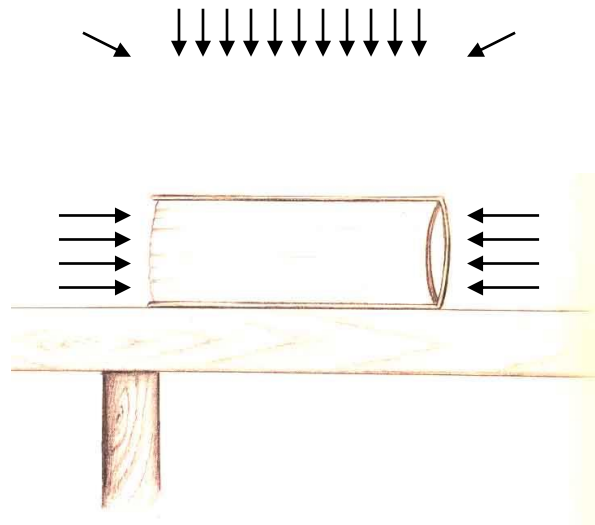
אם היינו צובעים את כל האוויר היינו שמים לב שאוויר בתנועה מורכב בעצם משכבות שכבות. תכונה זו אופיינית לכל הפלואידים.

נקבת עשן – נקבת עשן היא תיבה גדולה אשר מזרימים בה אוויר בצורה ישרה במהירות קבועה. מוסיפים צבע כדי שיייתפס' על החלקיקים באוויר ומכניסים גופים על מנת לבדוק את זרימת האוויר סביבם.



נחזור למושגי הלחץ.

כאשר אוויר עומד (כלומר, אין רוח) האוויר במצב סטטי. כאשר האוויר במצב סטטי הוא מפעיל כוח שווה על כל גוף מכל הכיוונים. למשל, ספר העומד על שולחן, כאשר אין רוח.



מכיוון שהאוויר נמצא בכל מקום הוא בעצם 'עוטף' את הספר ומפעיל עליו לחץ שווה מכל הכיוונים. הלחץ מתואר בשרטוט בעזרת ווקטורים, בעלי אותו גודל אך בכיוונים שונים. ללחץ זה, כאמור, קוראים לחץ סטטי, כי אין כאן תנועה. חשוב לזכור – הלחץ הסטטי מפעיל כוח על דפנות הגוף, במקרה זה על דפנות הספר. כאשר האוויר ינוע (יש רוח) או לחילופין הספר יתחיל לנוע, נגרום ללחץ שונה, לחץ שמקורו שתנועה, כלומר, לחץ דינאמי.

חוק ברנולי - הקשר בין לחץ דינאמי ללחץ סטטי

הקשר בין שני סוגי הלחצים הוא קשר הפוך. כלומר, אחד תמיד בא על חשבון השני. אם על גוף מסוים הנמצא במנוחה פועל רק לחץ סטטי, הרי שכאשר תהיה תנועה יוצר גם לחץ דינאמי. הלחץ הדינאמי יגדל והלחץ הסטטי יקטן.

שימו לב, כאשר גוף נע באוויר עדיין פועל עליו לחץ סטטי. הרי הלחץ הסטטי הוא הלחץ של האוויר על הדפנות. לכן, תמיד יהיה לחץ של אוויר על הדפנות, ללא קשר למהירות תנועת הגוף. אם לא היה לחץ על הדפנות, הגוף לא היה נשאר באוויר.

מדען בשם ברנולי גילה את התופעה שאומרת שסכום הלחצים, הדינאמי והסטטי, הוא גודל קבוע כלשהו. כאשר אחד הלחצים גדל השני תמיד קטן.

בואו נדגים זאת בעזרת מספרים. נאמר, סתם לשם הדוגמא, שסכום הלחצים הכללי על ילד שעומד הוא 10 יחידות. כלומר, במצב של מנוחה הלחץ הסטטי יהיה 0 והלחץ הדינאמי יהיה 0.

כאשר הילד מתחיל לרוץ נוצר לחץ דינאמי אשר הולך וגדל. הלחץ הסטטי יורד, נאמר ל-4 יחידות, כלומר, הלחץ הדינאמי יהיה כעת 6 יחידות. כלומר, סכום שני הלחצים בשני המקרים נשאר 10.

$$\begin{array}{rclcl} 4 & + & 6 & = & 10 \\ 10 & + & 0 & = & 10 \end{array}$$

זהו חוק ברנולי.

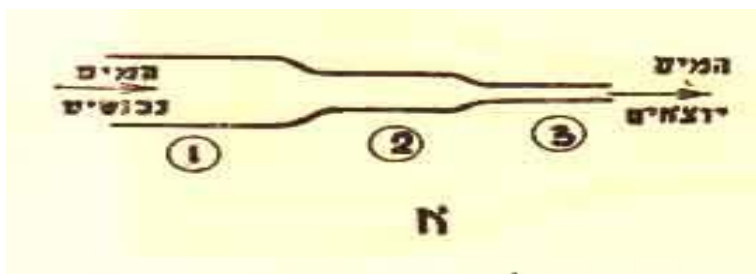
נוכל גם לומר שכאשר הילד רץ הלחץ של האוויר על דפנות הילד (הלחץ הסטטי) קטן. נוכל להראות זאת בעזרת ווקטורים קטנים יותר.

נוכל להדגים את חוק ברנולי במס' שיטות שימחישו את החוק כך שנוכל לראות את השינויים בלחצים בעצמנו.

ניסוי:

ניקח צינור בעל קוטר משתנה (צינור הנקרא בשם: "צינור ונטיורי") ונזרים דרכו מים. המים ידמו לנו את האוויר.

צינור ונטיורי



הקוטר של הצינור הולך וקטן. כמות המים שנכנסת לתוך הצינור יוצאת בצידו השני באותו הקצב.

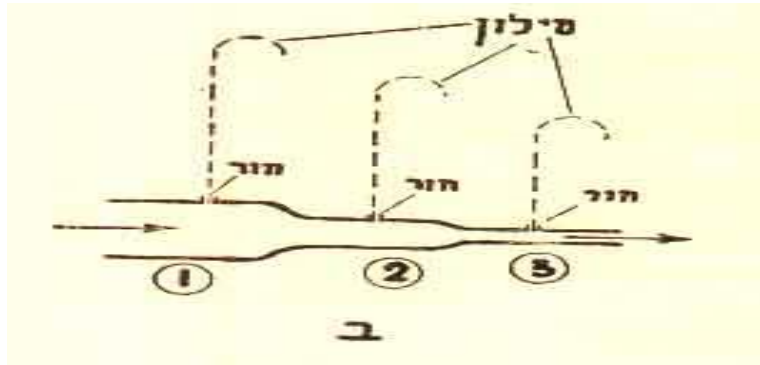
מה המשמעות של אותו הקצב?

אם, למשל, נכנסו ליטר מים בשנייה דרך הפתח הרחב ייצאו גם ליטר מים בשניה דרך הפתח הצר.

ברור לנו שכדי להכניס ליטר מים בשנייה דרך הפתח הרחב מהירות המים צריכה להיות יותר נמוכה מאשר בפתח הצר. אותה הכמות, ליטר מים, צריכה לצאת דרך פתח צר בשנייה. כלומר, המים יצטרכו לזרום בפתח הצר במהירות הרבה יותר גבוהה.

אפשר לדמיין את הצינור הזה כצינור השקייה בגינה. כאשר אנו רוצים להגביר את מהירות הזרימה אנו לוחצים על הקצה של הצינור והופכים את הפתח שלו לצר יותר וכך מגבירים את מהירות הזרימה של המים.

המים הרי מורכבים מהרבה חלקיקים דומים. אפשר לדמיין זאת גם בצורה אחרת. בואו נאמר ש-10 חלקיקים צריכים להכנס בשנייה דרך הפתח הרחב. אותם 10 חלקיקים צריכים גם לצאת בשנייה דרך הפתח הצר. איפה, לדעתכם, מהירות החלקיקים תהיה גדולה יותר? ברור שבחלק הצר.



אפשר להבחין בשלושת זרמי הסילון. זרמי הסילון הם בעצם ביטוי של הלחץ של המים על הדפנות של הצינור. הלחץ על הדפנות הוא בעצם הלחץ הסטטי של המים על דפנות הצינור.

נשים לב שבחור מס' 1 זרם הסילון הוא הגבוה ביותר, כלומר, הלחץ הסטטי שם הוא הגבוה ביותר. זה מתאים לשרטוט הקודם בו ראינו שבחלק הרחב מהירות הזרימה של המים היא הנמוכה ביותר. כלומר, כאשר הלחץ הסטטי גבוה (הסילון) הלחץ דינאמי קטן (מהירות הזרימה).

נשים לב גם לחור מס' 3. זרם הסילון שם הוא הנמוך ביותר, כלומר, הלחץ של המים על דפנות הצינור הוא הנמוך ביותר. זה מתאים לעובדה שמהירות המים שם היא הגבוהה ביותר. כלומר, בחלק הצר הלחץ דינאמי גדול (מהירות הזרימה) והלחץ הסטטי נמוך (הלחץ על הדפנות).

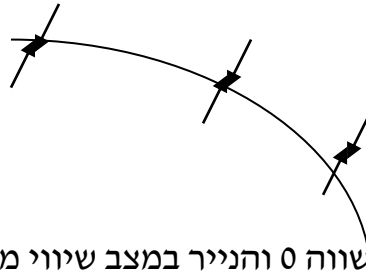
נזכיר שסכום הלחצים בכל נקודה שווה. כלומר, לחץ סטטי בחור מס' 1 + לחץ דינאמי בחור מס' 1 = קבוע. את אותו הקבוע נקבל אם נחבר את הלחץ הסטטי בחור מס' 3 עם הלחץ דינאמי בחור מס' 3.

כוח העילוי

אז איך נוצר בעצם העילוי על כנף המטוס?

את התשובה לשאלה זו ניתן בעזרת הדגמה.

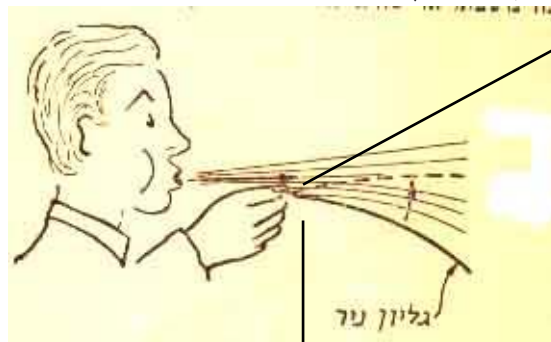
קחו נייר רגיל, והחזיקו אותו באחד הקצוות. במצב זה כאשר האוויר עומד הלחץ על דפנות הנייר שווה מכל הכיוונים.



סכום הכוחות בכל הנקודות שווה 0 והנייר במצב שיווי משקל.

כעת, נשבו אוויר רק בחלקו העליון של הדף.

אוויר בתנועה (מעל הנייר)



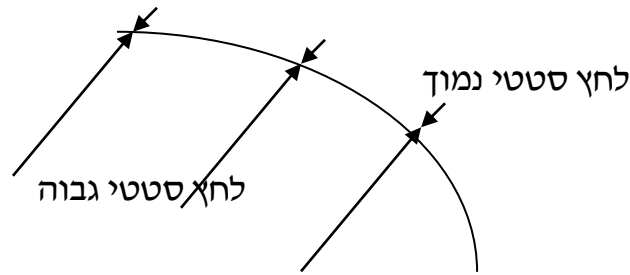
אוויר במנוחה (מתחת לנייר)

מה קרה?

בחלקו התחתון של הנייר כלום לא השתנה. האוויר שם הוא סטטי ולכן הלחץ על דפנות הנייר מלמטה נשאר זהה.

לעומת זאת, בחלקו העליון של הנייר הגדלנו את הלחץ הדינאמי על חשבון הלחץ הסטטי, כלומר, הלחץ על דפנות הנייר מלמעלה קטן בעוד שהלחץ הדינאמי גדל.

מה קיבלנו?

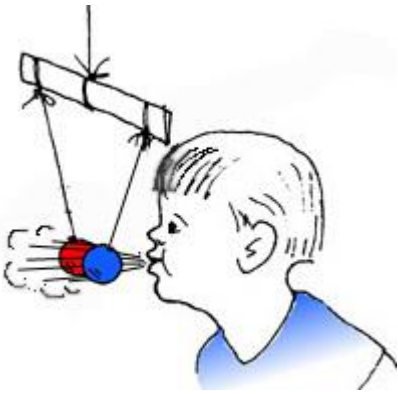


כאשר נחבר בכל נקודה את סכום הכוחות (סכום הלחצים) נקבל כוח שקול הפועל כלפי מעלה.

$$\uparrow = \uparrow + \downarrow$$

כך נוצר כוח העילוי.

כוח העילוי נוצר מהפרש לחצים סטטיים בין החלק העליון של הכנף לחלק התחתון. הפרש לחצים זה גורם ללחץ גדול על הדופן התחתונה בעוד שהלחץ על הדופן העליונה קטן יותר. סה"כ נוצר כוח שקול כלפי מעלה, מה שגורם למטוס להשאר באוויר.

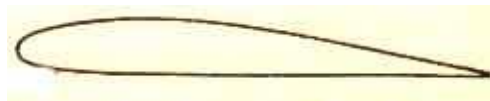


באופן דומה, נשיפה אל תוך שני כדורים כזו המתוארת בתמונה שמימין, תגרום להצמדותם על אף שההגיון שלנו מצפה כי יתרחקו אילו מאילו. הסיבה לכך שוב היא שנשיפתנו מעלה את הלחץ הדינאמי ובמילא מורידה את הלחץ הסטטי בין שני הכדורים. התוצאה איפוא בלתי נמנעת – התנגשות. נסה לחשוב מדוע לשתי סירות אסור לשוט קרוב אחת לשנייה (מלבד החשש לתאונה)?

כלומר, כדי ליצור כוח עילוי אנו צריכים לגרום לאוויר לנוע במהירות גבוהה יותר בחלקה העליון של הכנף מאשר בחלקה התחתון.

כיצד נעשה זאת?

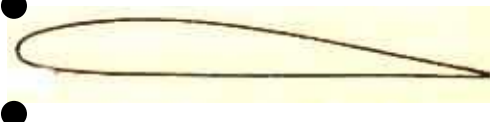
נתבונן במבט צד על כנף המטוס. לסוג מבט זה קוראים פרופיל. פרופיל – מבט צד, מבט חתך.



לפרופיל הכנף צורה מיוחדת, כך שבחלקו העליון הוא קעור, ובחלקו התחתון הוא ישר.

נדמיין ששני חלקיקים של אוויר נעים על פרופיל הכנף. חלקיק אחד ינוע על הדופן העליונה והשני על התחתונה.

חלקיק א'



חלקיק ב'

שני החלקיקים, א' ו - ב', יוצאים מאותה נקודה, תחילת הפרופיל, וצריכים להגיע לקצה הפרופיל באותו הזמן.

אם ניישר את הדופן העליונה, הקמורה, של הפרופיל ונשווה אותה לדופן התחתונה, הישרה, נראה כי הדופן העליונה ארוכה יותר.

דופן עליונה

דופן תחתונה

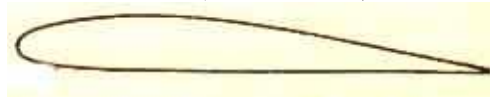
לכן, לחלקיק א' יש מרחק גדול יותר לעבור. מכיוון שהוא צריך לעשות זאת באותו הזמן כמו חלקיק ב' הוא צריך לנוע מהר יותר.

אז, כאמור, האוויר נע במהירות גבוהה יותר בחלקו העליון של הפרופיל מאשר בחלקו התחתון. לכן, הלחץ הדינאמי בחלקו העליון גדול יותר מבחלקו התחתון. לחץ דינאמי גבוה



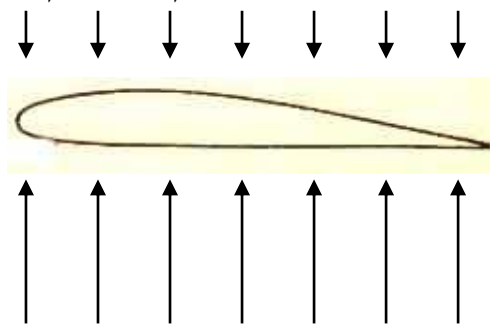
לחץ דינאמי נמוך

ויותר חשוב, כאשר הלחץ הדינאמי גבוה הלחץ הסטטי נמוך, ולהפך. לחץ סטטי נמוך



לחץ סטטי גבוה

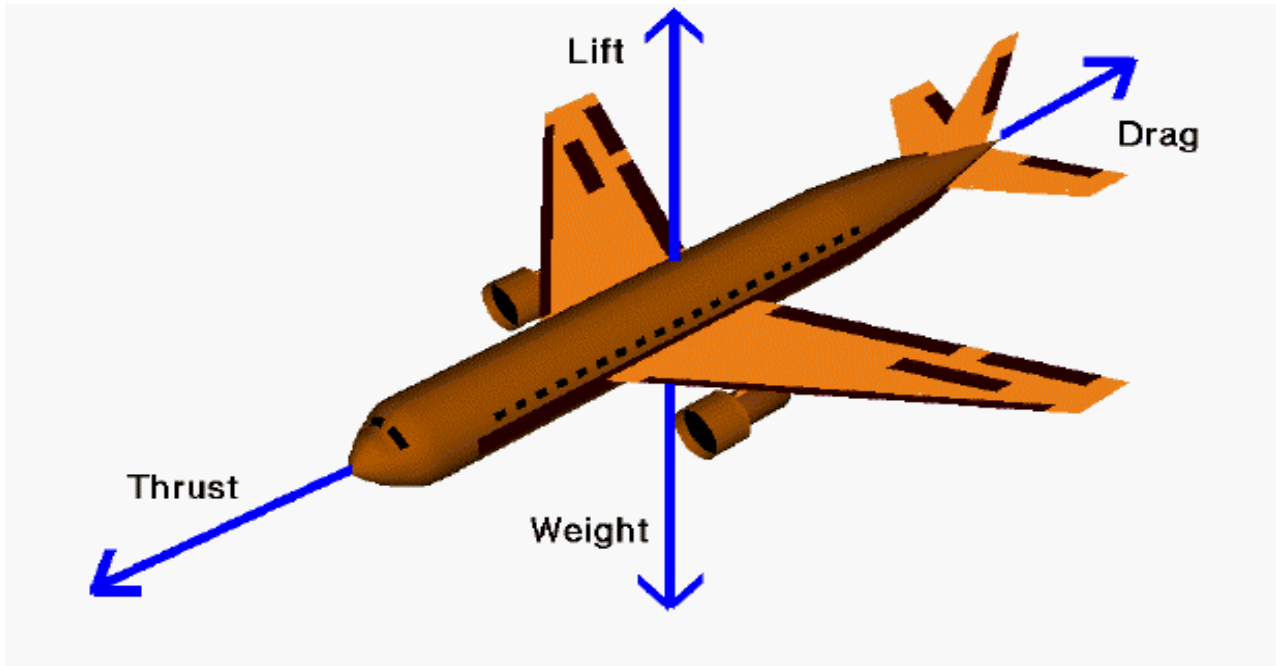
וכאשר נראה את הלחצים הסטטים בצורת ווקטורים נקבל:



שוב, סה"כ הכוחות בכל נקודה נותן לנו כוח שקול כלפי מעלה. וכך נוצר העילוי על כנף המטוס.

שלושה כוחות נוספים הפועלים על המטוס

אחרי שלמדנו את המושגים כוחות ווקטורים וכוח העילוי. נכיר את שלושת הכוחות הנוספים הפועלים על המטוס.



כוח מספר 1 – עילוי

את הכוח הזה הכרנו היטב בפרק הקודם. הצורה המיוחדת של הכנף הנקראת "פרופיל", דרכה עוברים קווי זרימת אוויר יוצרים את כוח העילוי. כוח זה מנוגד בכיוונו לכוח הכובד ומאפשר למטוס הכבד מהאוויר לטוס.

כוח מספר 2 – כובד

כל גוף בעל מסה (עשוי מחומר מסוים) נמשך לגרעין כדור הארץ. בשונה משאר הכוחות הפועלים על המטוס, כוח הכובד מקורו אינו מזרמי אוויר, כלומר אינו קשור כלל לאווירודינמיקה. אנו עצמינו בעלי מסה ולכן נמשכים לכדור הארץ. בחלל כוח המשיכה קטן פי 10 ולכן ניתן לרחף. כוח הכובד מתנגד לכוח העילוי. המטוס חייב להיות בעל משקל נמוך ככול שניתן על מנת שכוח העילוי שנוצר יבוא לידי ביטוי. על כן בנויים הטיסנים מעץ בלזה הנחשב לקל בסוגו.

כוח מספר 3 – סחב

מטרת המטוס הנה להוביל אנשים ממקום למקום. כוח הסחב הנוצר בידי מנועי המטוס המסובבים מדחף (פרופלור) גורם למטוס להתקדם קדימה ובכך להוביל נוסעים ממקום למקום. אל לנו לשכוח כי תזוזה זו היא שגורמת לקווי זרימה (רוח) לנוע סביב הכנף ובעצם כוח הסחב הוא שמייצר את כוח העילוי וכן את ההתנגדות.

כוח מספר 4 – התנגדות

חלקי המטוס, כמו האוויר, עשויים מפרודות חלקיקים. כאשר המטוס בתנועה, חלקיקי גופו מתחככים בחלקיקי האוויר. חיכוך זה גורם למטוס להאט את קצב התקדמותו. אי לכך, הופכי כוח ההתנגדות בכיוונו לכוח הסחב.

למטוס חלק הנקרא "מדפים". המדפים היוצאים מכנף המטוס גורמים להעלאת ההתנגדות והאטת המטוס לקראת נחיתה מבלי שייפגע כוח העילוי כתוצאה מהאטה זו, שהרי משטחי הכנף שזה עתה גדלו תורמים לעילוי.

נסכם

ארבעה כוחות פועלים על מטוס הנמצא בטיסה אופקית וישרה.

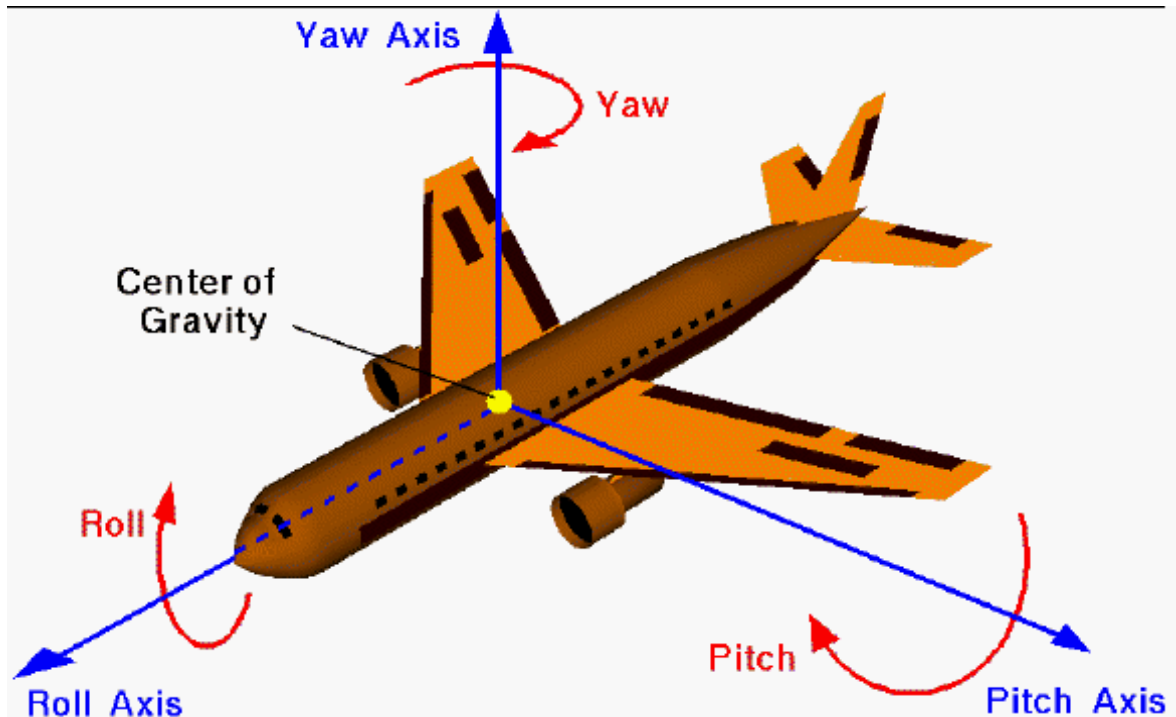
כוח העילוי ומולו כוח הכובד.

כוח הסחב ומולו כוח התנגדות.

צירי המטוס

מטוסים הנם כלי תחבורה המתאפייין בתנועה בעולם שהנו תלת מימדי. משכך, התמצאות בעולם זה נשלטת על ידי הגהים שיאפשרו למטוס לתמרן במרחב תלת מימדי זה. בפרק זה נלמד על צירי המטוס וכיצד עוזרים לנו הגאיי המטוס לשלוט בצירים אילו.

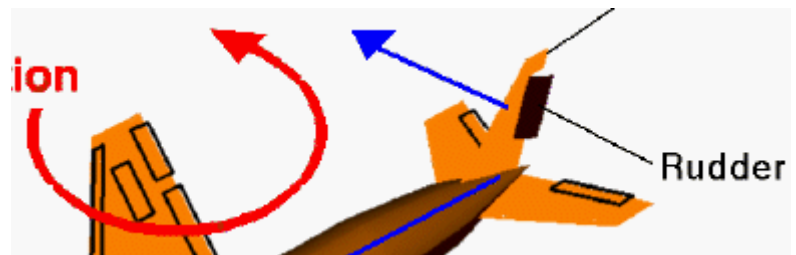
שלושת צירי המטוס



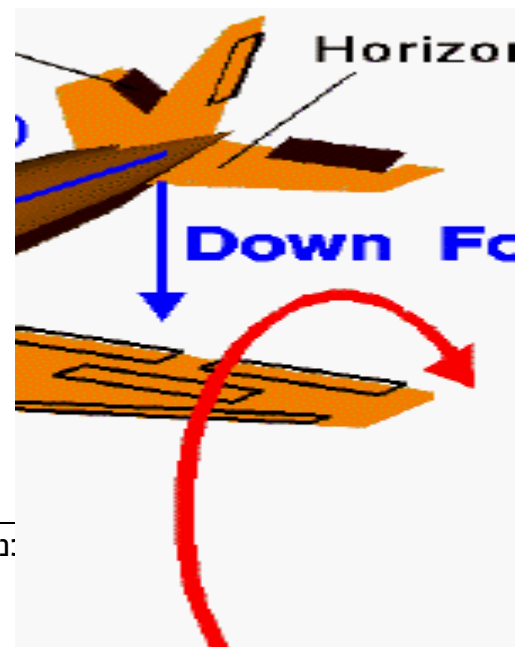
הצירים הנם ביחס למרכז הכובד של הטיסן. נקודה בה דנו בעבר.

ציר מספר 1 – ציר הסבסוס

ציר זה הנו האנכי המתואר בציור. תנועה בציר זה תגרום לחרטום המטוס לנוע ימינה ושמאלה. על התנועה בציר זה אחראי הגה הכיוון:



תנועה שמאלה של הגה הכיוון תגרום לשינוי צורת הפרופיל של מייצב הכיוון, עילוי שיחול עליו יגרום למטוס לסבסוס שמאלה בציר.



ציר מספר 2 – ציר העלרוד

ציר זה הנו הציר האופקי בשרטוט. תנועה בציר זה תגרום לחרטום המטוס לעלות (לנסוק) או לרדת (לנחות). על התנועה בציר זה אחראי הגה הגובה. בציר הגה הגובה עולה. הדבר גורם לשינוי פרופיל מייצב הגובה, זנב במטוס ירד, החרטום יעלה והמטוס יינסוק. תנועה בציר העלרוד.

ציר מספר 3 – ציר הגלגול

זהו הציר העובר לאורך גוף המטוס כולו. תנועה בציר זה תגרום למטוס להתגלגל. על התנועה בציר אחראיים הגהים הנקראים מאזנות. בציר מאזנת ימין עולה, מאזנת שמאל יורדת, כתוצאה מכך פרופיל הכנף משתנה באופן שונה בכל צד והמטוס מתגלגל ימינה.

