

סדנא – שבוע 3

מערכות ייחוס, חוקי ניוטון

בשאלה הבאה הזנחתי את החיכוך עם האויר.
עגלה קטנה מתגלגלת במהירות קבועה על מסלול ישר.
בשלב מסויים נוסע על העגלה זורק כדור לאויר, ישר כלפי מעלה.
מה יקרה לכדור?

1. תלוי במהירות של העגלה.
2. הכדור יפול לפני העגלה.
3. הכדור יפול אחרי העגלה.
4. הכדור יפול לתוך העגלה.



בשאלה הבאה הזנחתי את החיכוך עם האויר.
עגלה קטנה מתגלגלת במהירות קבועה על מסלול ישר.
בשלב מסויים נוסע על העגלה זורק כדור לאויר, ישר כלפי מעלה.
מה יקרה לכדור?



1. תלוי במהירות של העגלה.
2. הכדור יפול לפני העגלה.
3. הכדור יפול אחרי העגלה.
4. הכדור יפול לתוך העגלה.

במבט ממערכת הצירים של העגלה לכדור
יש תנועה בציר האנכי בלבד ולכן כמובן שהוא
ינחת חזרה בעגלה.



אם העגלה לא היתה שומרת על מהירות קבועה, הגוף שעזב את העגלה לא היה מואץ ביחד איתה ולכן לא בהכרח היה נוחת חזרה בעגלה.

מעבר בין מערכות ייחוס

הדוגמא שהראינו מראה את החשיבות של מעבר נכון בין מערכות ייחוס. באופן כללי נעסוק במערכות ייחוס הנעות במהירות קבועה (מערכות ייחוס התמדיות). עבור שתי מערכות ייחוס התמדיות, O ו O' , כך ש O' נעה במהירות V בכיוון ציר x החיובי ביחס ל O וכך שב $t=0$ הן בדיוק מתלכדות, מתקיים:

$$\begin{aligned}x' &= x - Vt \\y' &= y\end{aligned}$$

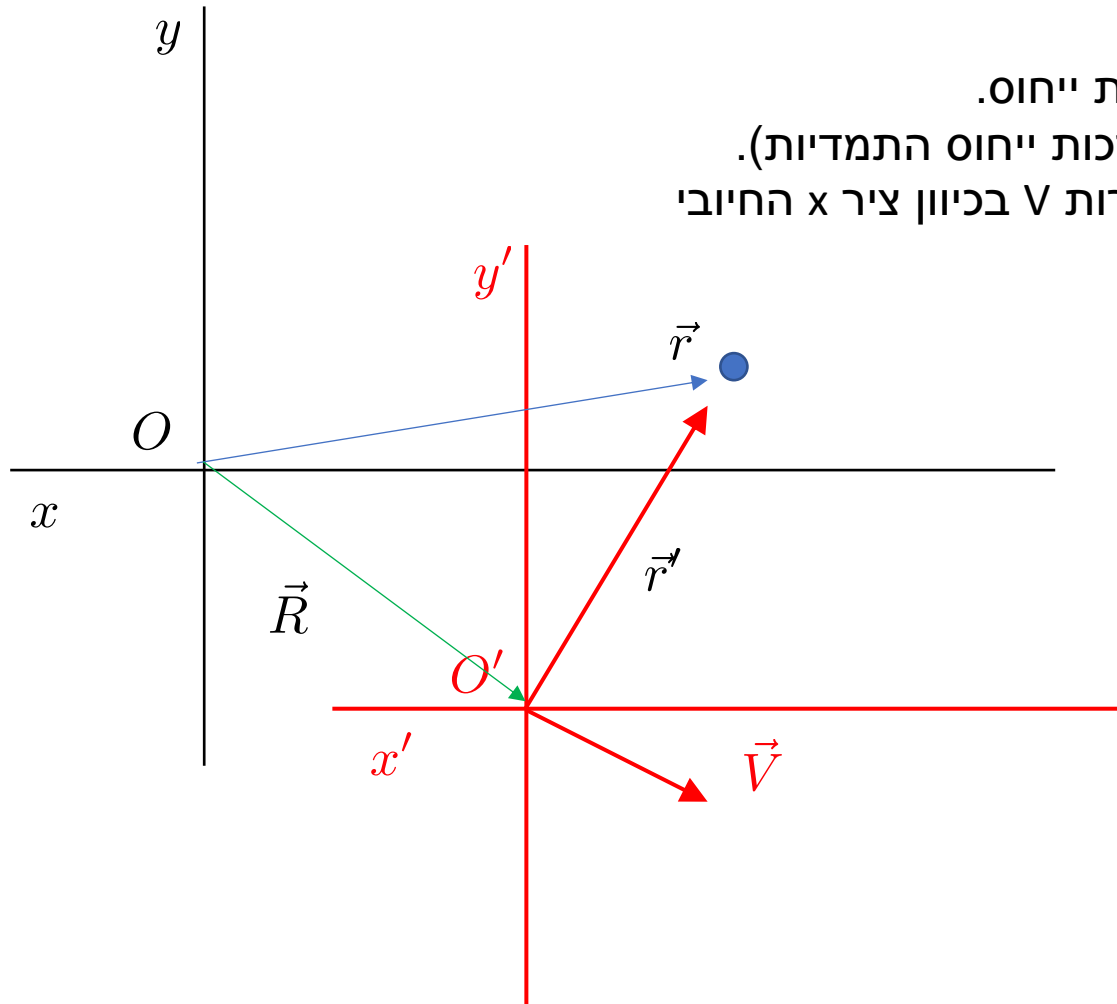
$$\begin{aligned}v'_x &= v_x - V \\v'_y &= v_y\end{aligned}$$

משוואת אלו נקראות טרנספורמצית גלילאו.

עבור מערכות הנעות במהירות יחסית כלשהי \vec{V} מתקיים:

$$\begin{aligned}\vec{r}' &= \vec{r} - \vec{R} \\ \vec{v}' &= \vec{v} - \vec{V}\end{aligned}$$

כאשר \vec{R} הוא הווקטור בין מערכת O' ל O .



מטוס טס כך שמצפנו מורה הוא כי הוא טס צפונה. מד המהירות מורה על מהירות של 240 קמ"ש ביחס לאוויר. מהירות הרוח היא 100 קמ"ש מזרחה (הרוח נושבת ממערב למזרח). מהי מהירות המטוס ביחס לקרקע?

1. 340 km/h

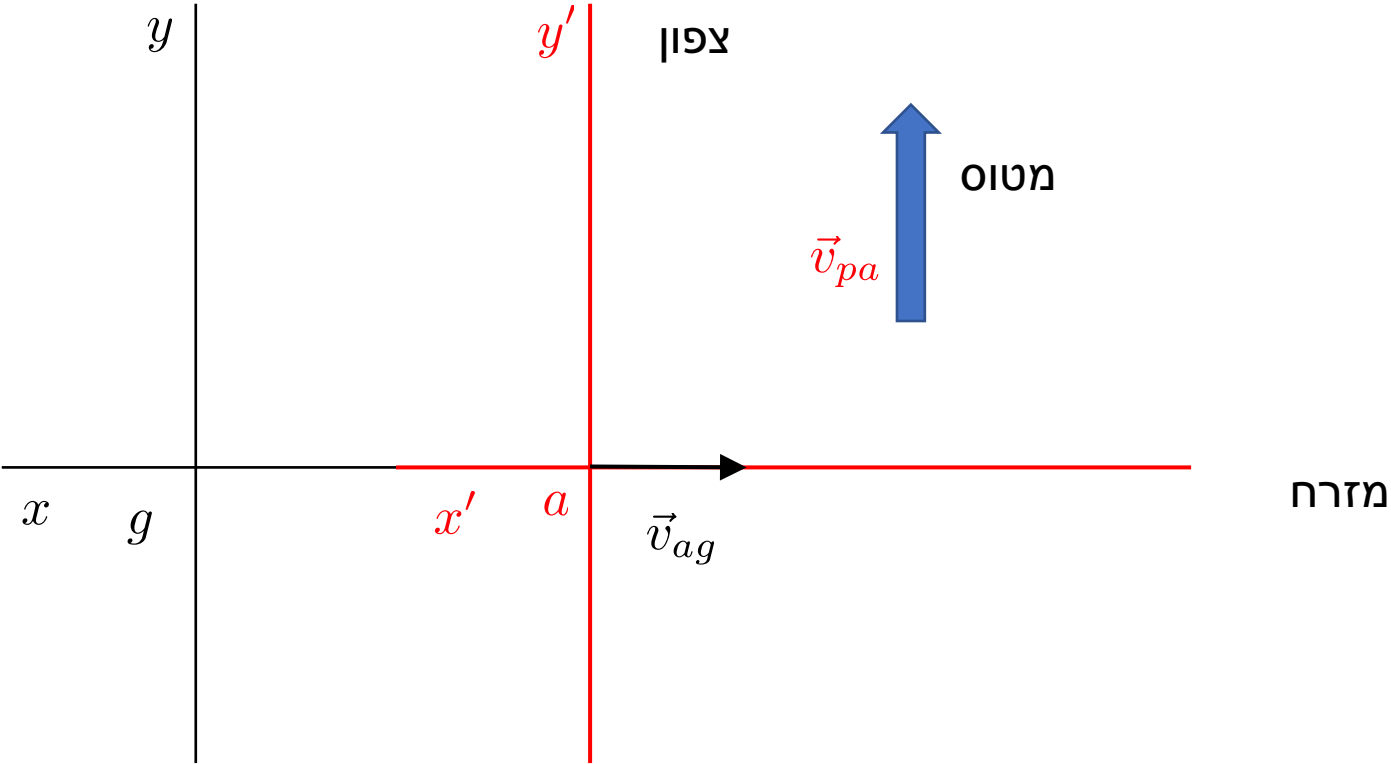
2. 300 km/h

3. 260 km/h

4. 160 km/h



מערכות ייחוס ווקטורים בבעיה



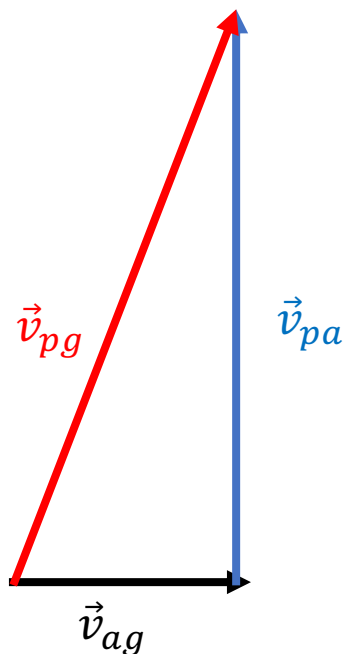
מטוס טס כך שמצפנו מורה כי הוא טס צפונה. מד המהירות מורה על מהירות של 240 קמ"ש ביחס לאויר. מהירות הרוח היא 100 קמ"ש מזרחה (הרוח נושבת ממערב למזרח). מהי מהירות המטוס ביחס לקרקע?

1. 340 km/h

2. 300 km/h

3. 260 km/h

4. 160 km/h



יש לנו 2 מערכות ייחוס – מערכת ייחוס של הקרקע (מערכת g) ומערכת ייחוס של האוויר (מערכת a). נבחר מערכת צירים ל g ול a כך שציר ה y הוא בכיוון צפון דרום וציר ה x בכיוון מזרח מערב. מערכת a נעה ביחס למערכת צירים g במהירות:

$$\vec{v}_{ag} = 100 \frac{\text{km}}{\text{h}} \hat{x}$$

מהירות המטוס נתונה במערכת האוויר (a):

$$\vec{v}_{pa} = 240 \frac{\text{km}}{\text{h}} \hat{y}$$

על מנת למצוא את מהירות המטוס ביחס לקרקע (במערכת ייחוס g) נשתמש בטרנספורמציית גליליי:

$$\vec{v}_{pa} = \vec{v}_{pg} - \vec{v}_{ag}$$

מהירות
בין מערכות

מהירות
במערכת
הנייחת

מהירות
במערכת הנעה

ולכן:

$$\vec{v}_{pg} = \vec{v}_{pa} + \vec{v}_{ag}$$

לכן:

$$\vec{v}_{pg} = \vec{v}_{pa} + \vec{v}_{ag} = 240 \frac{km}{h} \hat{y} + 100 \frac{km}{h} \hat{x} \rightarrow |\vec{v}| = \sqrt{100^2 + 240^2} \frac{km}{h} = 260 \frac{km}{h}$$

התשובה הנכונה היא תשובה מספר 3.

חוקי ניוטון

חוקי ניוטון מתארים איך כוחות גורמים לתנועה. מכיוון שההגדרות האלה לא תמיד מסתדרות עם האינטואיציה שלנו צריך לשים לב כשפותרים שהפתרון מסתמך על חוקי ניוטון ולא על אינטואיציה מוטעית

חוקי ניוטון (מערכת ייחוס התמדית)

1. אם לא פועל כוח – המהירות קבועה ביחס למערכת ייחוס התמדית (אינרציאלית) (האינטואיציה שלנו אומרת שאם לא מפעילים כוח הגוף נשאר במנוחה אבל ניוטון הראה שזה לא נכון).

2. אם פועלים כוחות, הגוף מאיץ בתאוצה הנקבעת לפי הקשר:

$$\vec{F}_T = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \dots = m\vec{a}$$

3. אם גוף 1 מפעיל כוח על גוף 2, גוף 2 מפעיל על גוף 1 כוח זהה בגודלו והפוך בכיוונו:

$$\vec{F}_{1 \rightarrow 2} = -\vec{F}_{2 \rightarrow 1}$$

כוחות

כוחות תמיד פועלים בין גופים

יש סוגים שונים של כוחות:

1. כוח מגע – כוח שגוף אחד מפעיל ישירות על גוף אחר (למשל, אני מקפל דף נייר). יש סוגים שונים של כוחות מגע:

1. כוח נורמלי – כוח דוחף הפועל בכיוון ניצב למשטח עליו הוא פועל
2. כוח חיכוך – כוח הפועל במקביל למשטח
3. מתיחות חוט – כוח מושך שחוט מפעיל על גוף כאשר מותחים אותו

2. כוח ארוך טווח – כוח שגוף אחד מפעיל על גוף אחר בלי לגעת בו. דוגמאות:

1. כוח הכבידה
2. הכוח החשמלי
3. הכוח המגנטי
4. כוחות גרעיניים

שימו לב שכוח הוא ווקטור – יש לו גודל וכיוון

משאית נושאת מטען שמסתו 360kg . המשאית נוסעת במהירות $v_0 = 120 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$. ברגע מסוים הנהג מאט את מהירות המשאית בתאוצה קבועה ל $v_f = 62 \frac{\text{km}}{\text{hr}}$ במשך זמן האורך 17 s . מהו הכוח הפועל על המטען במשך זמן זה? הניחו שהכוח קבוע ושהמטען לא זז ביחס למשאית.



- 1. $F = -340\text{N}$
- 2. $F = 200\text{N}$
- 3. $F = -50\text{N}$
- 4. $F = -150\text{N}$
- 5. $F = 150\text{N}$

הרכב ולכן גם המטען שעליו מאיטים – פועלת עליהם תאוצה שלילית. נמצא את התאוצה:

$$a = a_{av} = \frac{\Delta v}{\Delta t}$$

מכיוון שהכוח קבוע, התאוצה קבועה ולכן התאוצה הממוצעת שווה לתאוצה הרגעית. נחשב קודם כל את המהירויות במטרים לשנייה:

$$v_0 = 120 \frac{km}{hr} = 120 \frac{km}{hr} \left(\frac{1000m}{1km} \frac{1hr}{3600s} \right) = 33.333 \frac{m}{s}$$

$$v_f = 62 \frac{km}{hr} = 62 \frac{km}{hr} \left(\frac{1000m}{1km} \frac{1hr}{3600s} \right) = 17.222 \frac{m}{s}$$

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{v_f - v_0}{\Delta t} = \frac{17.222 - 33.333}{17} = -0.95 m/s^2$$

הכוח שפועל על המטען (מופעל למשל על ידי חבלים שקושרים אותו למשאית או החיכוך עם רצפת המשאית) הוא:

$$F = ma = 360 kg \times \left(-0.95 \frac{m}{s^2} \right) = -342 N$$

חג שמחה!

