



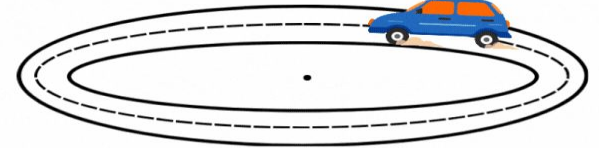
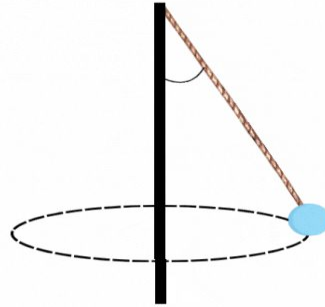
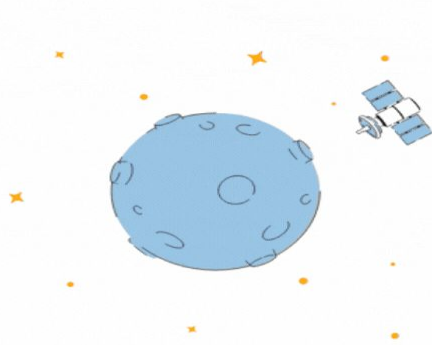
# פיזיקה בגובה העיניים

תנועה מעגלית - 1

# תנועה מעגלית אופקית

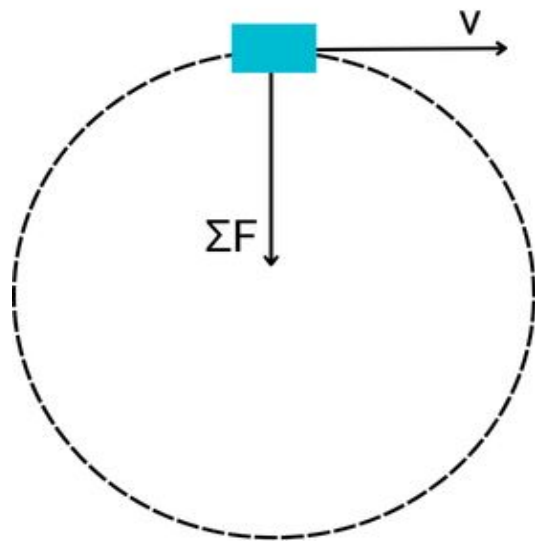
הגדרה - תנועה של גוף במעגל, סביב נקודה מסוימת תוך שמירה על אותו גובה של הגוף.

דוגמאות:

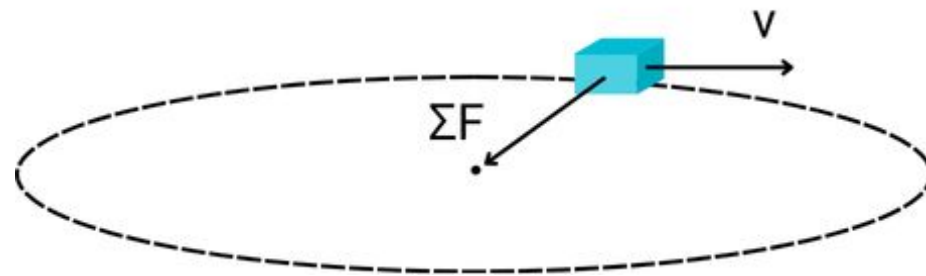


תנאי הבסיס - גוף מבצע תנועה מעגלית כאשר פועל עליו כוח בניצב לכיוון המהירות.

מבט מעל

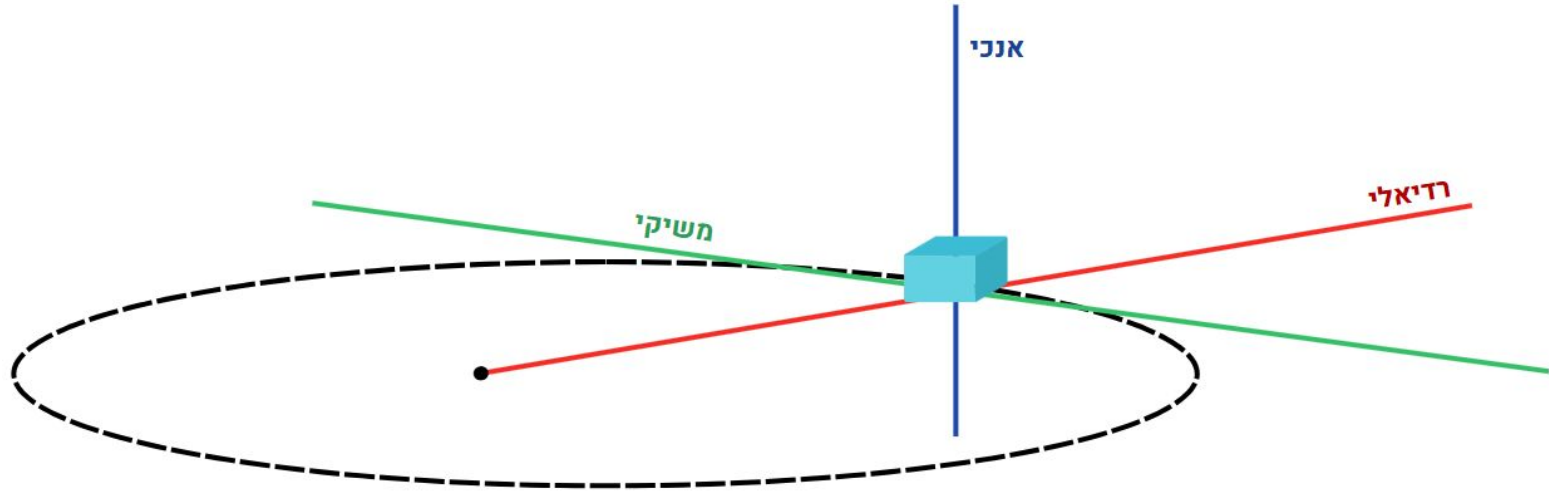


מבט מהצד



# צירים בתנועה מעגלית

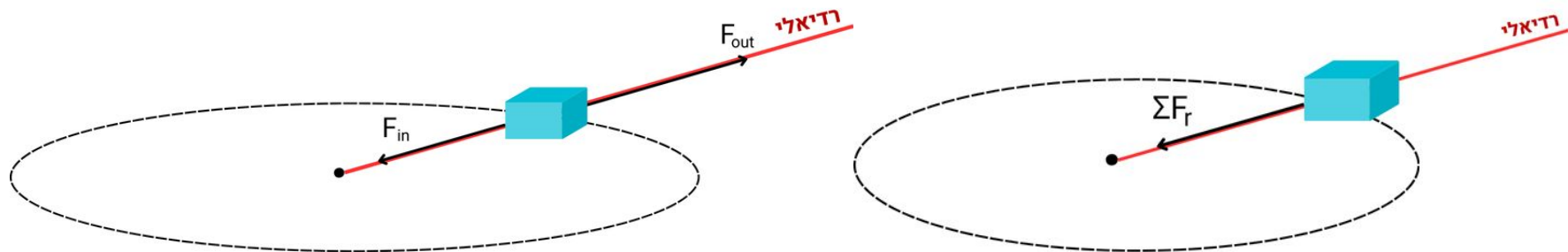
הגוף מושפע בתנועתו מ-3 צירים, כעת, נתחיל לחקור את החשיבות של כל אחד מהם.



# ציר הרדיאלי

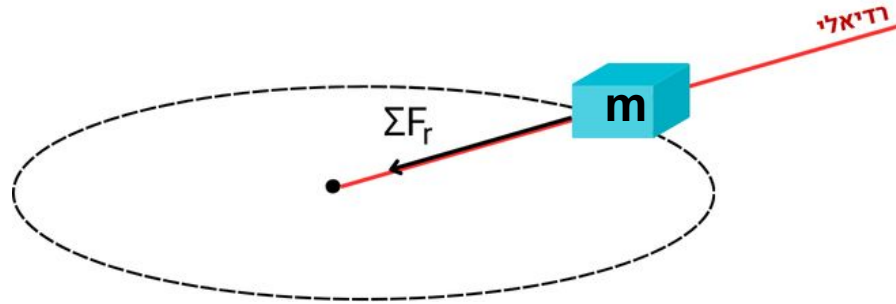
מקודם אמרנו שעל מנת שתהיה תנועה מעגלית חייב לפעול כוח.

- במידה ויש כוחות בכיוון פנים וחוץ המעגל, תמיד שקול הכוחות הוא לכיוון מרכז המעגל.



## חוק שני של ניוטון בציר הרדיאלי

$$\sum f_r = m a_r$$



- $\sum f_r$  - שקול הכוחות בציר הרדיאלי (הכוחות בכיוון מרכז המעגל פחות הכוחות בכיוון החיצוני)
- $m$  - מסת הגוף [kg]
- $a_r$  - תאוצה רדיאלית [ $m/s^2$ ] - תמיד למרכז.

# דוגמה 1:

גוף שמסתו 2 ק"ג נע במסלול מעגלי אופקי. הכוח הרדיאלי הפועל על הגוף הוא 40 ניוטון.

מצא את התאוצה הרדיאלית של הגוף.

$$m = 2\text{kg}, F = 40\text{N}$$

$$a_r = ?$$

$$F = ma_r$$

$$40 = 2a_r \quad /: 2$$

$$a_r = 20\text{m/s}^2$$



## דוגמה 2:

גוף נע במסלול מעגלי אופקי, על הגוף פועל כוח של 60N למרכז המעגל וכוח של 20N לחוץ המעגל. התאוצה הרדיאלית של הגוף היא  $10\text{m/s}^2$  לכיוון מרכז המעגל.

מצא את מסת הגוף.

$$F_1 = 60\text{N}, F_2 = 20\text{N}, a_r = 10\text{m/s}^2$$

$$m = ?$$

$$\Sigma F = ma_r$$

$$F_1 - F_2 = ma_r$$

$$60 - 20 = 10m$$

$$10m = 40 \quad /:10$$

$$m = 4\text{kg}$$



$a_r$  - התאוצה הרדיאלית (צנטריפטלית)

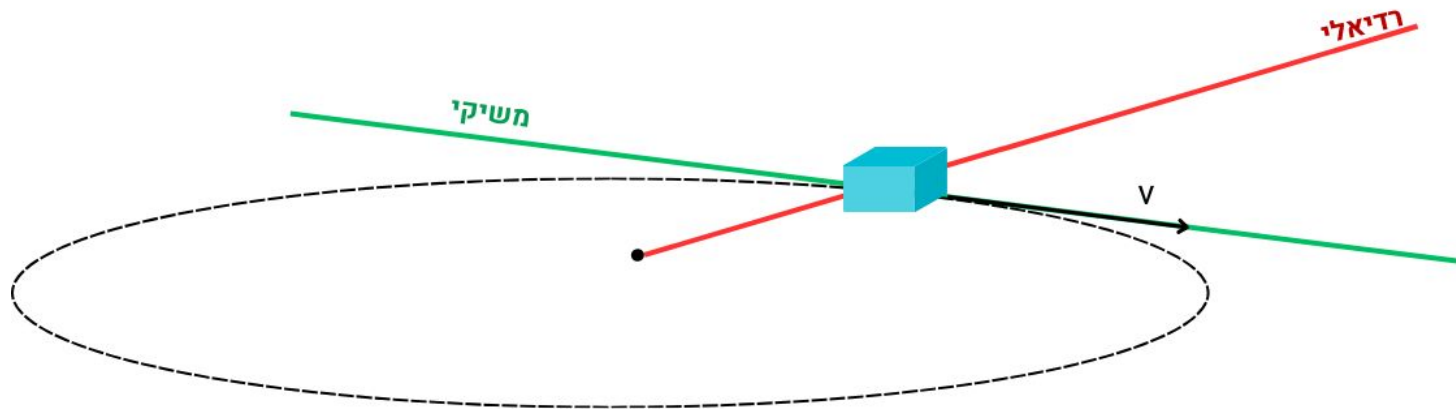
נוסחה:

$$a_r = \frac{v^2}{r} = \omega^2 r$$

פרמטרים:

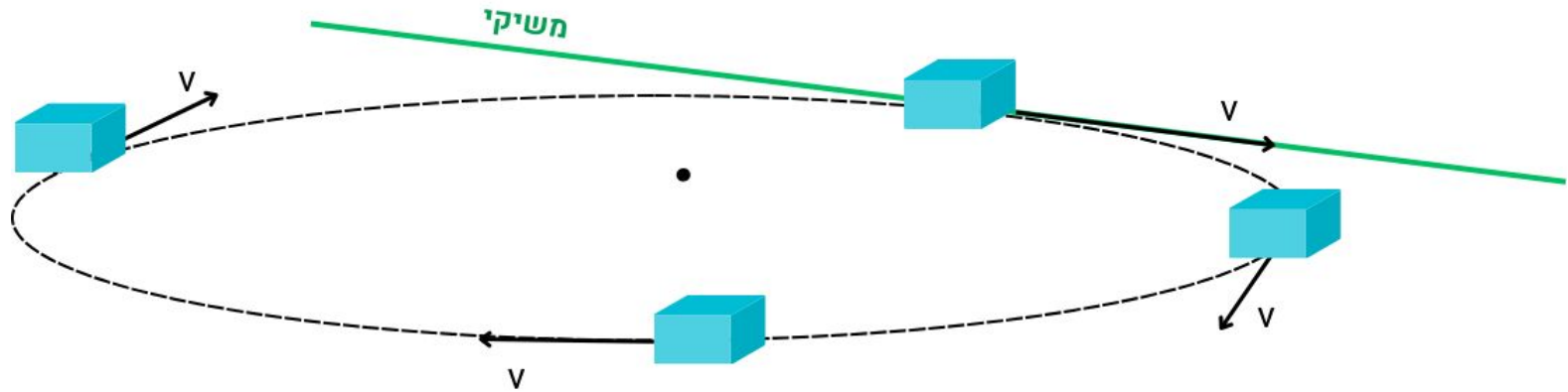
- $v$  - המהירות המשיקית/הקווית [m/s]
- $r$  - רדיוס המעגל [m]
- $\omega$  - המהירות הזוויתית [rad/s]

v - מהירות משיקית, היא המהירות הפועלת לאורך המשיק למעגל



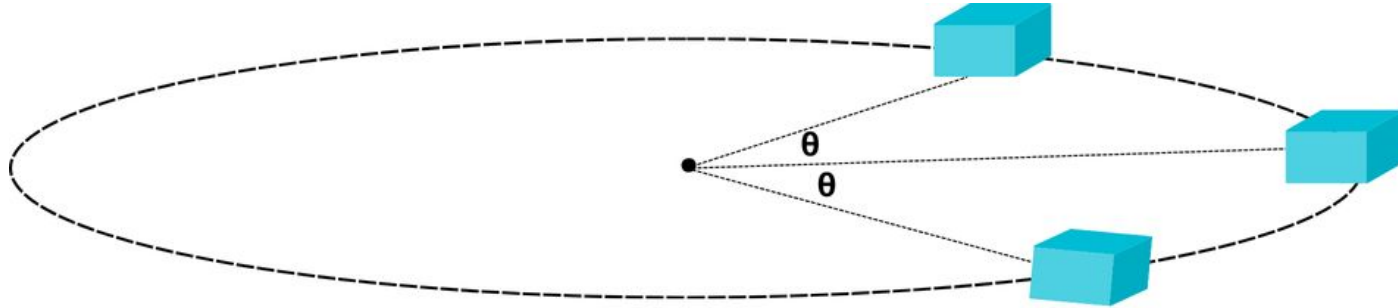
מכונה גם מהירות קווית, מתארת את המרחק שהגוף עובר בשנייה.

## כיוון המהירות המשיקית משתנה כל הזמן



כאשר אין כוחות בציר המשיקי הפועלים על הגוף המהירות המשיקית נשארת קבועה, המהירות תשתנה אם שקול הכוחות בציר המשיקי שונה מ-0.

$\omega$  - מהירות זוויתית, היא השינוי של הזווית הנמדדת ביחס לזמן.



המהירות הזוויתית ( $\omega$ ) מתארת את הזווית (ברדיאן) שהגוף עובר בכל שנייה.

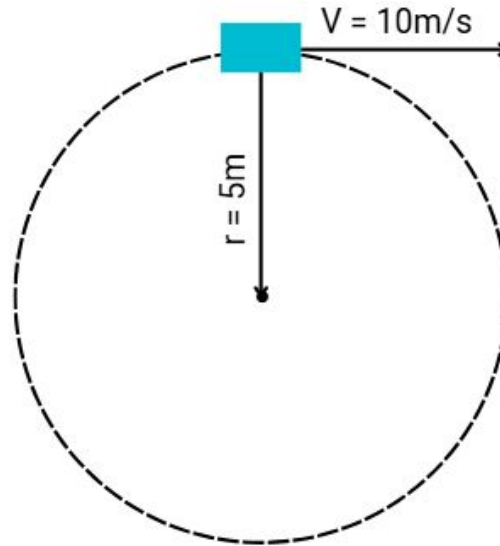
הקשר בין מהירות משיקית לזוויתית:

$$v = \omega r$$

# דוגמה 1:

גוף נע במסלול מעגלי אופקי ברדיוס של 5 מטר במהירות משיקית קבועה של 10m/s.

מצא את התאוצה הרדיאלית של הגוף.



$$r = 5\text{m}, v = 10\text{m/s}$$

$$a_r = ?$$

$$a_r = v^2/r$$

$$a_r = 10^2/5 = 100/5$$

$$a_r = 20\text{m/s}^2$$

## דוגמה 2:

גוף נע במסלול מעגלי אופקי ברדיוס של  $2\text{m}$  והתאוצה הרדיאלית של הגוף היא  $18\text{m/s}^2$ .

מצא את המהירות הזוויתית של הגוף.

$$r = 2\text{m}, a_r = 18\text{m/s}^2$$

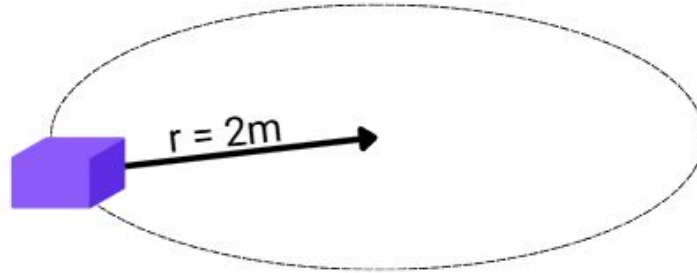
$$\omega = ?$$

$$a_r = \omega^2 \cdot r$$

$$18 = \omega^2 \cdot 2 \quad /: 2$$

$$\omega^2 = 9$$

$$\omega = 3\text{rad/s}$$



## דוגמה 3:

מסוק צבאי מבצע סיבוב אופקי ברדיוס של  $r = 50\text{m}$  במהירות זוויתית של  $\omega = 0.4\text{rad/s}$ . מהי מהירותו המשיקית?

$$r = 50\text{m}, \omega = 0.4\text{rad/s}$$

$$v = ?$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$v = 0.4 \cdot 50$$

$$v = 20\text{m/s}$$



# דוגמה 4:

רכבת צעצוע נעה במסלול מעגלי ברדיוס 2 מטר במהירות של 3.6 קמ"ש. מהי המהירות הזוויתית שלה ברדיאנים לשנייה?

$$r = 2\text{m}, v = 3.6\text{km/h} = 1\text{m/s}$$

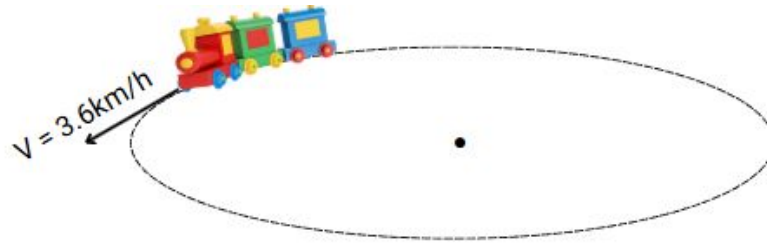
$$\omega = ?$$

$$v = \omega \cdot r$$

$$\omega = v/r$$

$$\omega = 1/2$$

$$\omega = 0.5\text{rad/s}$$



## דוגמה 5:

מכונית נוסעת במסלול מעגלי אופקי ברדיוס של 25 מטר במהירות קבועה של 10m/s. מצא את הכוח הדרוש לכיוון מרכז המעגל אם מסת המכונית היא 1200 ק"ג.

$$r = 25\text{m}, v = 10\text{m/s}, m = 1200\text{kg}$$

$$F = ?$$

$$F = m \cdot a_r$$

$$a_r = v^2/r$$

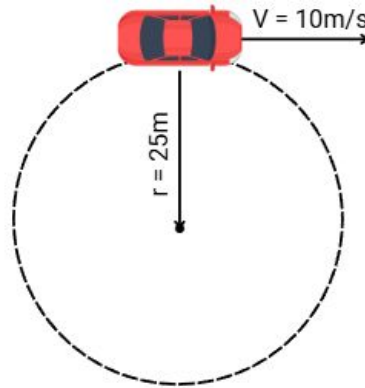
$$F = m \cdot v^2/r$$

$$F = 1200 \cdot 10^2/25$$

$$F = 1200 \cdot 100/25$$

$$F = 1200 \cdot 4$$

$$F = 4800\text{N}$$



## דוגמה 6:

אופנוע במסת  $m = 200\text{kg}$  נע במהירות של  $v = 72\text{km/h}$ . אם הכוח השקול הפועל עליו לכיוון מרכז המעגל

הוא  $F = 4000\text{N}$ , מהו רדיוס המסלול המעגלי

$$m = 200\text{kg}, v = 72\text{km/h} = 20\text{m/s}, F = 4000\text{N}$$

$$r = ?$$

$$F = m \cdot a_r$$

$$a_r = v^2/r$$

$$F = m \cdot v^2/r$$

$$r = m \cdot v^2/F$$

$$r = 200 \cdot 20^2/4000$$

$$r = 200 \cdot 400/4000$$

$$r = 80000/4000$$

$$r = 20\text{m}$$



# דוגמה 7:

לוויין במסת  $m = 400\text{kg}$  נע במסלול מעגלי ברדיוס של  $r = 100\text{m}$ . אם הכוח השקול הפועל עליו לכיוון המרכז

הוא  $F = 1600\text{N}$ , מהי המהירות הזוויתית שלו

$$m = 400\text{kg}, r = 100\text{m}, F = 1600\text{N}$$

$$\omega = ?$$

$$F = m \cdot a_r$$

$$a_r = \omega^2 \cdot r$$

$$F = m \cdot \omega^2 \cdot r$$

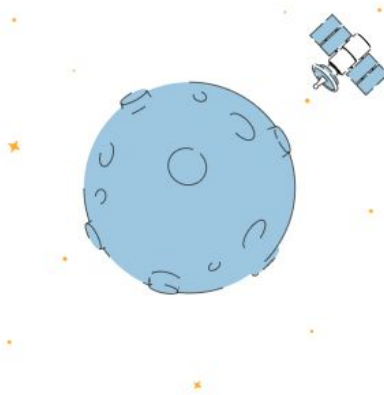
$$\omega^2 = F / (m \cdot r)$$

$$\omega^2 = 1600 / (400 \cdot 100)$$

$$\omega^2 = 1600 / 40000$$

$$\omega^2 = 0.04$$

$$\omega = 0.2\text{rad/s}$$



## זמן מחזור ותדירות.

$T$  - זמן מחזור, הזמן שלוקח לגוף לעשות סיבוב אחד. [s]

$f$  - תדירות, כמות סיבובים שגוף עושה בשנייה. [Hz = 1/s]

טיפ של אלופים:

$$T = \frac{\text{זמן}}{\text{סיבובים}}$$

$$f = \frac{\text{סיבובים}}{\text{זמן}}$$

הקשר בין זמן המחזור לתדירות:

$$T = 1/f$$

# דוגמאות

1. מדחף מטוס מבצע 3000 סיבובים ב-60 שניות. מהו זמן המחזור של המדחף.

$$n = 3000, t = 60s$$

$$T = ?$$

$$T = t/n = 60/3000 = 0.02$$

$$T = 0.02s$$

2. גלגל ענק מבצע בדיוק 20 סיבובים ב-40 דקות. חשב את זמן המחזור.

$$n = 20, t = 40m = 40 \cdot 60 = 2400s$$

$$T = ?$$

$$T = t/n = 2400/20 = 120$$

$$T = 120s$$

## דוגמאות

3. מערבול מזון מבצע 600 סיבובים ב-30 שניות. מהי תדירות הסיבוב.

$$n = 600, t = 30s$$

$$f = ?$$

$$f = n/t = 600/30 = 20$$

$$f = 20\text{Hz}$$

4. מאוורר תקרה מבצע 900 סיבובים ב-5 דקות. מהי תדירות הסיבוב של המאוורר.

$$n = 900, t = 5m = 5 \cdot 60 = 300s$$

$$f = ?$$

$$f = n/t = 900/300 = 3$$

$$f = 3\text{Hz}$$

# הקשר בין המהירות הזוויתית לזמן המחזור והתדירות

נוסחה:

$$\omega = 2\pi f = \frac{2\pi}{T}$$

- $2\pi$  - היקף המעגל.
- $T$  - הזמן שלוקח לעשות סיבוב.
- ולכן,  $2\pi/T$  מתאר את הזווית שהגוף עושה בשנייה שזה בדיוק ההגדרה של  $\omega$ .

## דוגמאות:

1. צלחת במכונת כביסה מסתובבת בזמן מחזור של 0.5 שניות. מהי המהירות הזוויתית שלה.

$$T = 0.5\text{s}$$

$$\omega = ?$$

$$\omega = 2\pi/T$$

$$\omega = 2 \cdot 3.14 / 0.5 = 12.56$$

$$\omega = 12.56 \text{ rad/s}$$

2. גלגל שעון מסתובב בתדירות של  $1/3$  הרץ. חשב את המהירות הזוויתית של גלגל השעון

$$f = 1/3\text{Hz}$$

$$\omega = ?$$

$$\omega = 2\pi f$$

$$\omega = 2 \cdot 3.14 \cdot (1/3) = 2.09$$

$$\omega = 2.09 \text{ rad/s}$$

## דוגמאות - המשך...

3. דיסקה אופקית מסתובבת בתדירות של 5 סיבובים לשנייה. על הדיסקה, במרחק 10 ס"מ ממרכזה, מונח

גוף. חשב את התאוצה הרדיאלית

$$f = 5\text{Hz}, r = 10\text{cm} = 0.1\text{m}$$

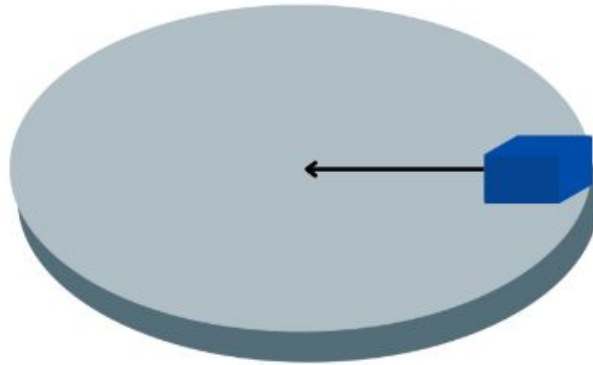
$$a_r = ?$$

$$a_r = \omega^2 r$$

$$a_r = (2\pi f)^2 \cdot r = 4\pi^2 f^2 r$$

$$a_r = 4 \cdot 3.14^2 \cdot 5^2 \cdot 0.1 = 98.69$$

$$a_r = 98.69 \text{ m/s}^2$$



## דוגמאות - המשך...

4. גוף שמסתו 0.5 ק"ג מחובר לחוט ונע במסלול מעגלי אופקי ברדיוס 1.2 מטר. הגוף משלים סיבוב שלם בדיוק כל 2 שניות. מהו הכוח למרכז

$$m = 0.5\text{kg}, r = 1.2\text{m}, T = 2\text{s}$$

$$F = ?$$

$$F = ma_r$$

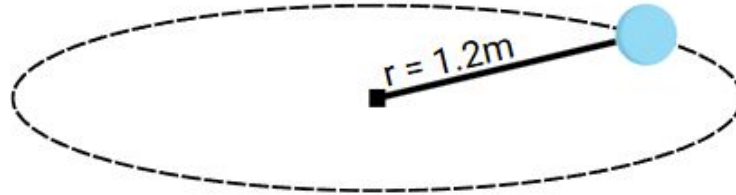
$$F = m \cdot \omega^2 r$$

$$F = m \cdot (2\pi/T)^2 \cdot r$$

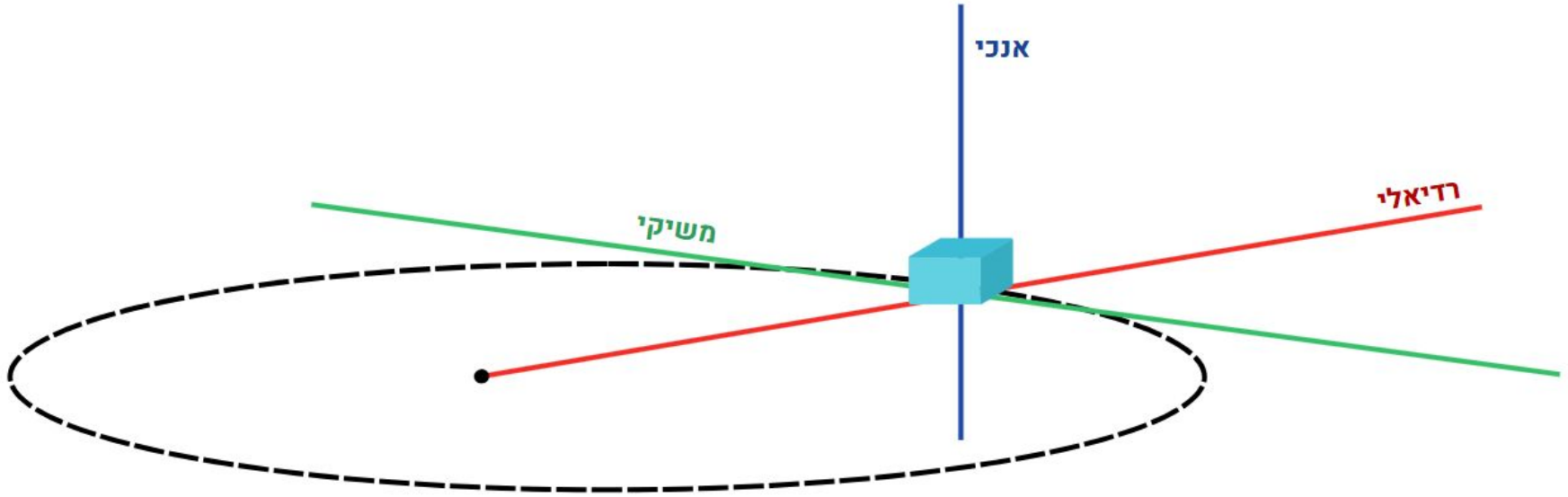
$$F = 0.5 \cdot (2 \cdot 3.14/2)^2 \cdot 1.2$$

$$F = 0.5 \cdot 9.86 \cdot 1.2 = 5.91$$

$$F = 5.91\text{N}$$



כלל: שקול הכוחות בציר האנכי בתמ"א שווה ל-0.



# סיכום - פרמטרים ונוסחאות

$$\sum f_r = ma_r$$

$\sum f_r$  - שקול הכוחות בציר הרדיאלי [N]

$$\sum F_y = 0$$

m - מסת הגוף [kg]

$$a_r = v^2/r = \omega^2 r$$

$a_r$  - תאוצה רדיאלית [m/s<sup>2</sup>]

$$v = \omega r$$

v - המהירות הקווית [m/s]

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T$$

r - רדיוס המעגל [m]

$\omega$  - המהירות הזוויתית [rad/s]

$$T = 1/f$$

T - זמן מחזור [s]

f - תדירות [Hz = 1/s]

# סוף שיעור 1

תודה רבה שהקשבתם, לכו לתרגל ולהתראות. ✌️

