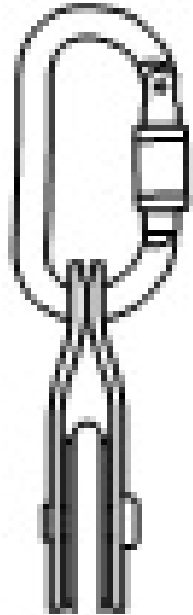


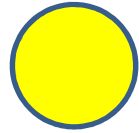
## גלגלות ומה שמתגלגל ביניהן

- העבודה הנדרשת להעביר גוף למרחק מסוים היא קבועה, עקרון זה נגזר מחוק שימור האנרגיה (עבודה היא צורה של אנרגיה)
- עבודה היא כוח כפול מרחק, שימוש בגלגלת מפחית את הכוח הנדרש להזזת הגוף אבל מגדיל את המרחק שנדרש למשוך את החבל, לדוגמא: שימוש בגלגלת עם חצי מהכוח הנדרש משמעותו משיכה כפולה של אורך החבל שבשימוש.

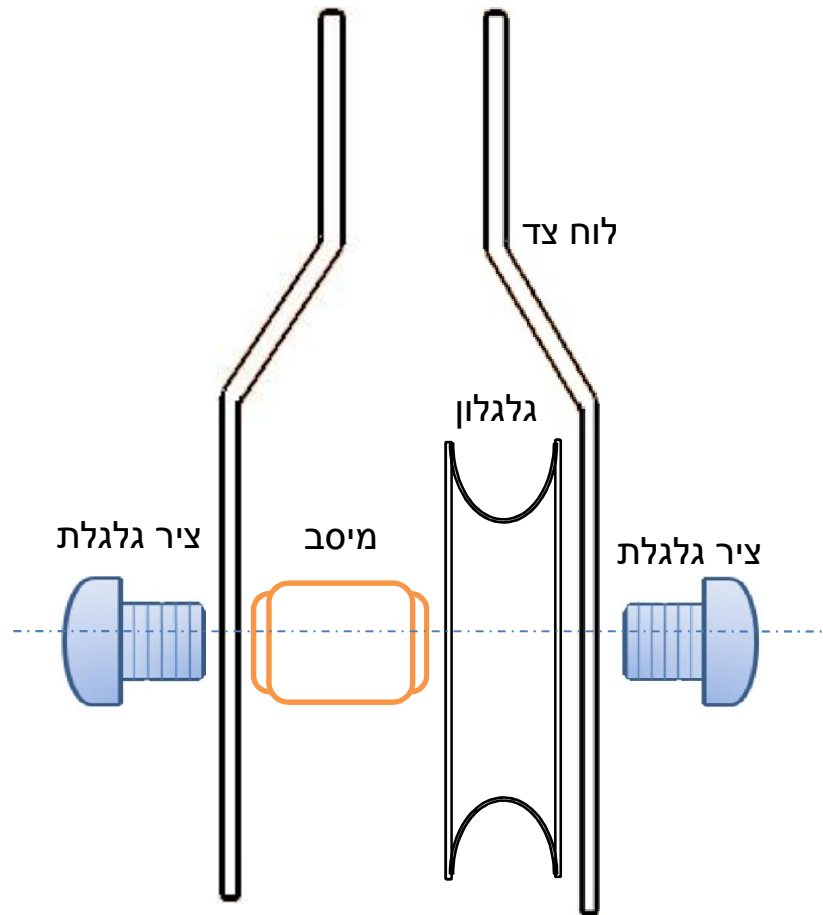


תפקידי הגלגלת:

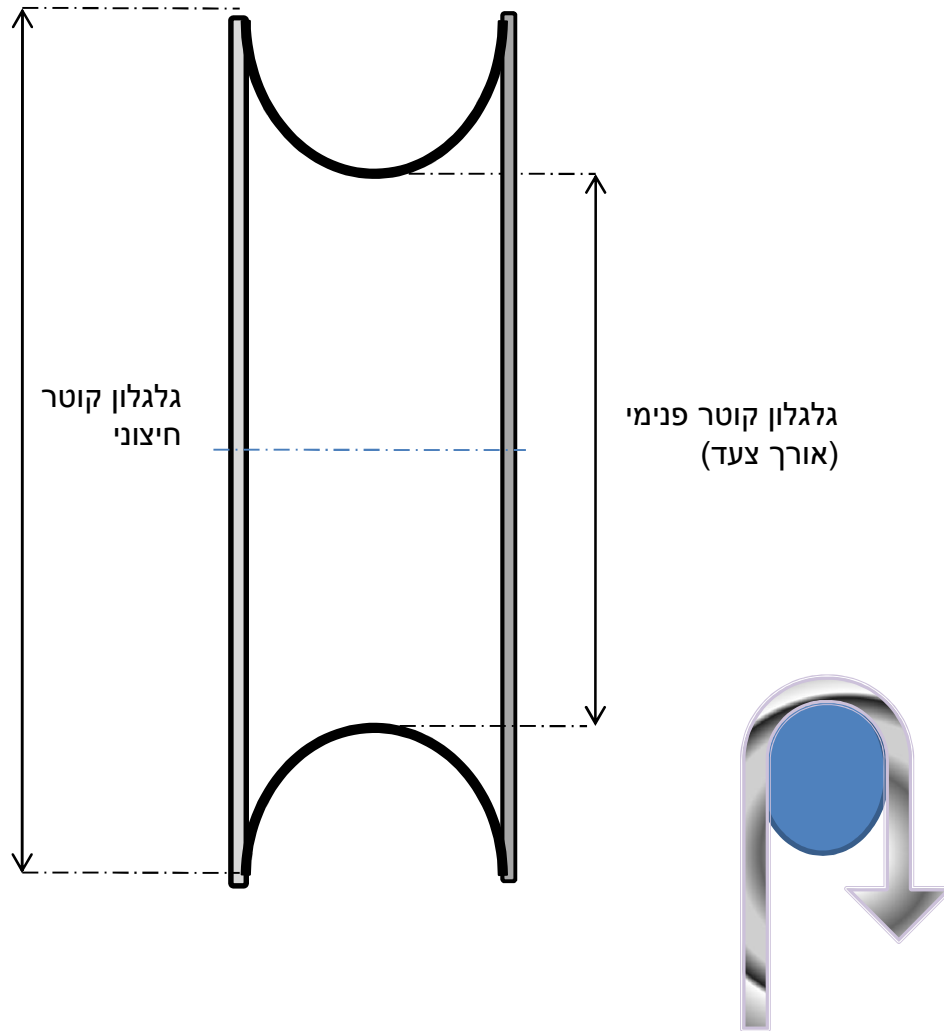
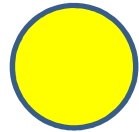
- להפחית את החיכוך של החבל בתנועה על פני הגלגלון
- לשנות כיוון של משיכת החבל לשטח עבודה בטוח יותר (משטח ללא נפילת אבנים, הרחק משפת מצוק...) ו/או גדול יותר לנוחות עבודה
- להפחית את הפגיעה בחבל על ידי הרחקת החבל ממגע עם גוף אחר (מצוק, חבל, רצועה, שפת מבנה...)
- במערכות הרמה, מאפשרת בניית מערכת רווח כוח



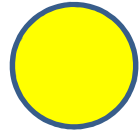
## חלקי הגלגלת



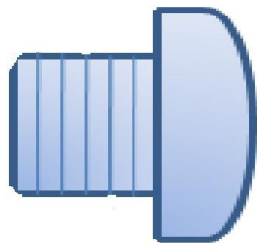
- גלגלון, פולי - Sheave
- מיסב - Bearing
- ציר גלגלת - Axle
- לוח צד, לחי - Side Plate



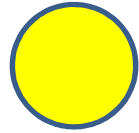
- גלגלון – פולי (Sheave) רצוי בעל קוטר פנימי של 3 פעמים קוטר החבל בכדי למנוע פגיעה באורך חיי החבל, לחבל 11 מ"מ רצוי קוטר 33 מ"מ ומעלה.
- קוטר גלגלון קטן מפחית בצורה משמעותית את כוח הקריעה של החבל זאת משום שסיבי החבל בצד החיצוני של סיבוב החבל מקבלים עומס גדול בהרבה מהסיבים בחלק הפנימי של החבל
- מקרים של פיתול חד של החבל ניתן לראות גם במצבים של קשר על החבל ומעבר שפת חפץ/פינה



- לוחות צד (לחיים) (Side plates) רצוי שיהיו בעלי יכולת תנועה (פתיחה) כך שניתן להרכיב את הגלגלת בכל מקום לאורכו של החבל ללא הצורך להשחיל את קצה החבל לגלגלת.
- על הלוחות להיות ארוכים מעבר לשפת הגלגלון בכדי להעניק הגנה לחבל מפני שפשוף וחיכוך
- על הלוחות להיות בעלי כוח קריעה מספק לכוחות המתפתחים במהלך העבודה,
- גלגלת לשימוש עם חבלים מעל קוטר 13 מ"מ רצוי שהלוחות יהיו מפלדה



- ציר הגלגלת (Axle) בדר"כ עשוי משני ברגים המושחלים משני צידי הגלגלת לתוך המיסב והגלגלון, רצוי שיהיו בעלי ראש עגול ונקי מפיונות חדות בכדי לא לפגוע בחבל או בציוד אחר צמוד לגלגלת



# מיסב גלגלת

מיסב (Bearings) הגלגלת יהיה במרבית המקרים מיסב החלקה או מיסב כדורי.

## מיסב החלקה

### יתרונות

- זול בהשוואה לכדורי
- ציר לפתיחה לפירוק שימון וניקוי
- מאד חזק.

### חסרונות

- בעל חיכוך גבוה יותר בהשוואה לכדורי
- חשוף לכניסת לכלוך למיסב ולפגיעה בתפקוד הגלגלת



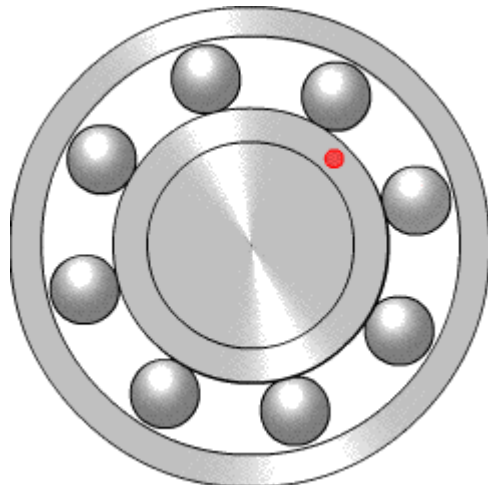
## מיסב כדורי

### יתרונות

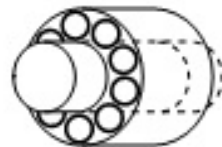
- חיכוך נמוך יותר בהשוואה למיסב החלקה, נע בחופשיות רבה יותר
- ציר אטום ונעול לפתיחה ולשימון ולכלוך

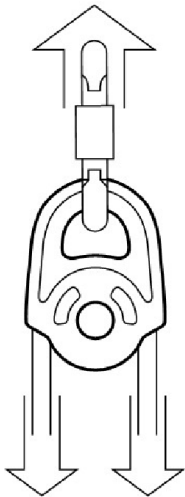
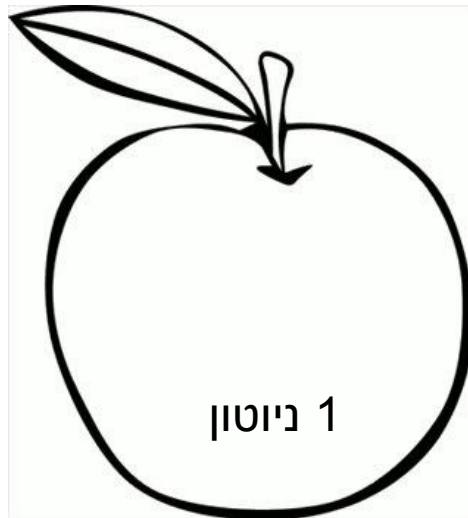
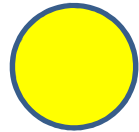
### חסרונות

- יקר בהשוואה למיסב החלקה
- לא עמיד בעומס פתאומי או עומס גבוה כמו מיסב החלקה
- (הכדור נמערך אל תוך המסילה ומפסיק להתגלגל, יעילות המיסב נפגעת)



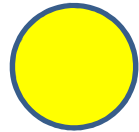
## לינק להסבר על מיסבים





## ניוטון N

- ניוטון היא יחידת מידה למדידת כוח וסימנה N (על שמו של המדען האנגלי אייזק ניוטון)
- ניוטון היא גם יחידת משקל,
- גוף בעל מסה של  $10^2$  גרם, (מסתו של תפוח עץ קטן) שוקל בערך ניוטון אחד
- מסה של ק"ג אחד בגובה פני הים שוקלת בערך 9.81 ניוטונים,
- אדם בעל מסה של  $10^2$  קילוגרם שוקל בערך קילוניוטון אחד =  $1\text{kN}$
- גלגלת עם כוח קריעה של  $38\text{kN}$  = בערך 3800 קילוגרם

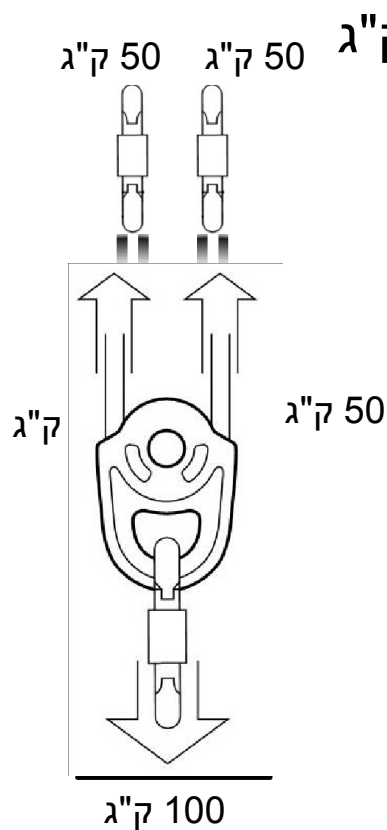


גוף במסה של 100 ק"ג תלוי על 2 חבלים, העומס על כל חבל שווה ל 50 ק"ג,



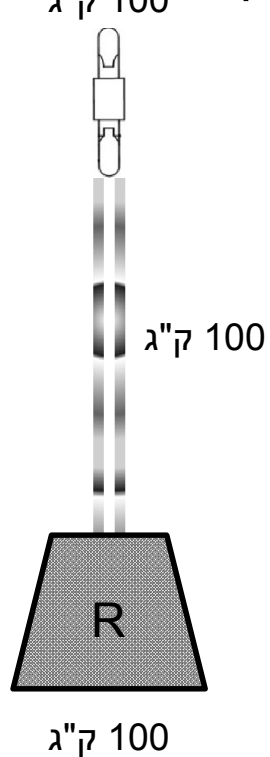
גלגלת משנה כיוון של החבל הזורם במערכת ובשימוש נכון מפחיתה חיכוך ומוסיפה יתרון כוח

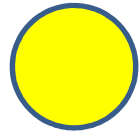
העומס על כל נקודת עיגון שווה



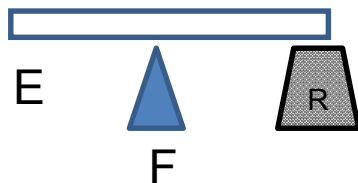
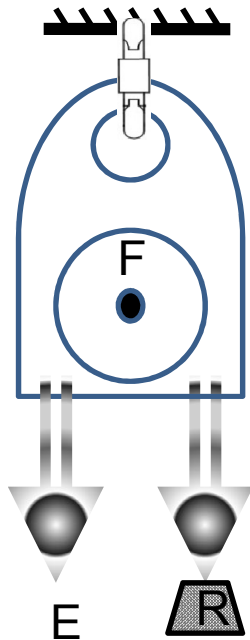
גוף במסה של 100 ק"ג תלוי על חבל,

העומס על החבל שווה ל 100 ק"ג והעומס על נקודת העיגון שווה ל 100 ק"ג



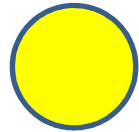


### גלגלת קבועה - מנוף מדרגה ראשונה

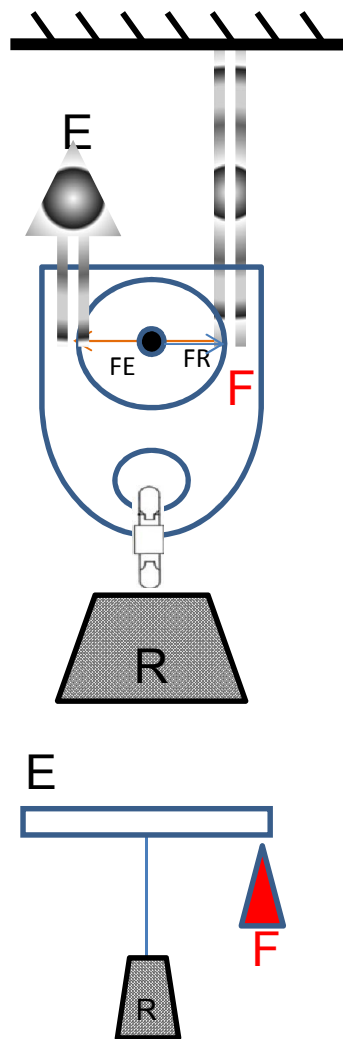


- גלגלת קבועה הינה גלגלת המחוברת אל נקודת העיגון ואינה משנה את מיקומה במהלך התנועה של המערכת.
- גלגלת קבועה לא מוסיפה ליתרון המכני אלא משמשת רק כגלגלת שינוי כיוון משיכה!!!
- ניידת קבועה יכולה להיחשב כמנוף מדרגה ראשונה,
- **מנוף מדרגה ראשונה = נקודת המשען נמצאת בין נקודת העומס R ונקודת המאמץ E**
- נסמן באות R את העומס על המערכת, באות E את המאמץ (אנרגיה) המושקעת במערכת כדי להזיז את העומס ובאות F את נקודת המשען במערכת שקובעת את אורך המנוף במערכת.
- במקרה של גלגלת קבועה, נקודת המשען נמצאת על ציר הגלגלת במרכז הגלגלון, ממש מתחת לנקודת העיגון (הטבעת האוחזת את הגלגלת). מאחר והגלגלון עגול, המרחק מהציר (נקודת המשען F) לנקודה בה החבל עוזב את הגלגלון לכיוון המטען שווה למרחק מהציר לנקודה בה החבל עוזב את הגלגלון לכיוון המאמץ.
- מאחר ושתי הזרועות המנוף שוות באורכן, העומס על כל זרוע שווה והיתרון המכני – רווח כוח – הוא 1:1



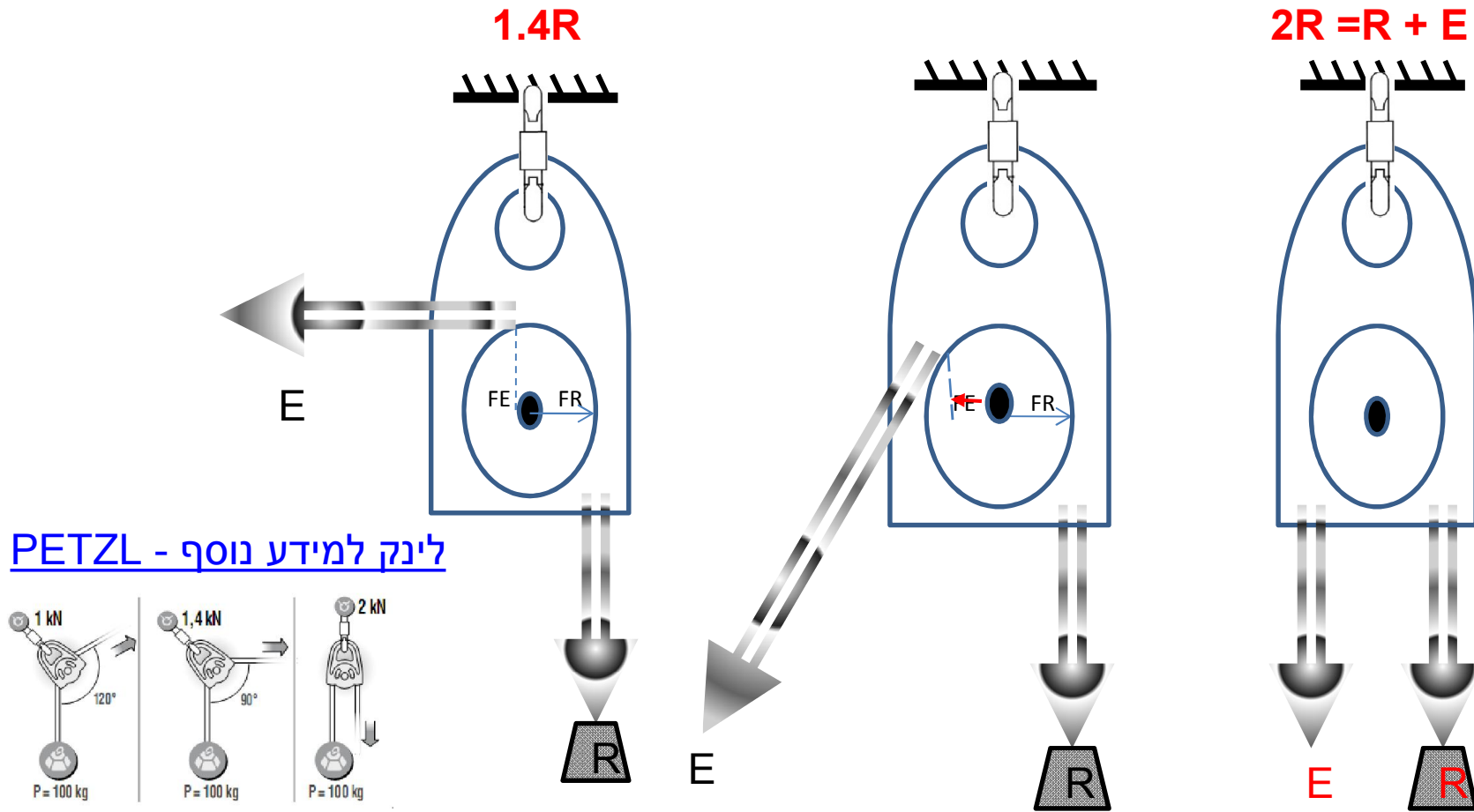


### גלגלת ניידת – מנוף מדרגה שניה

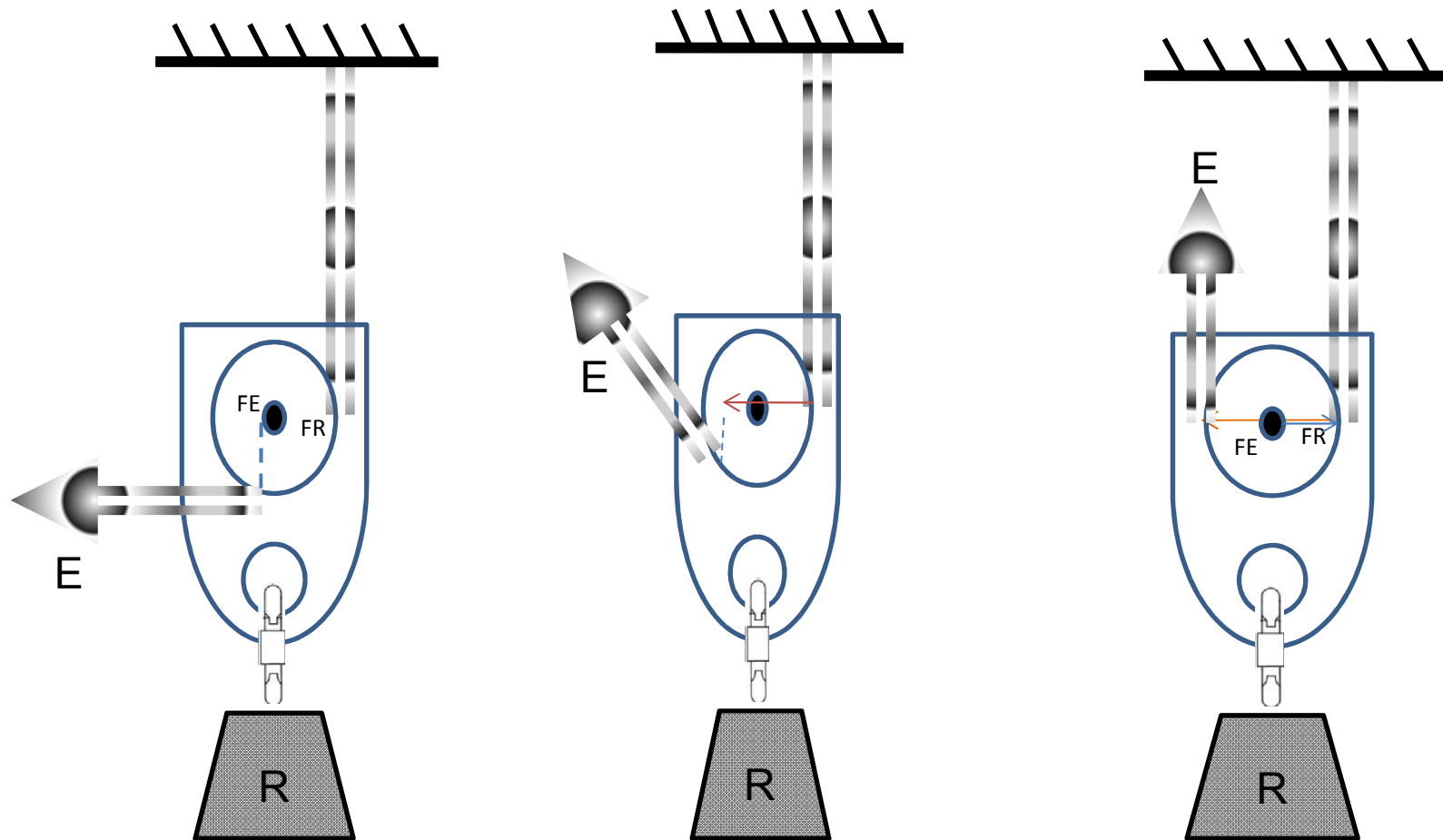


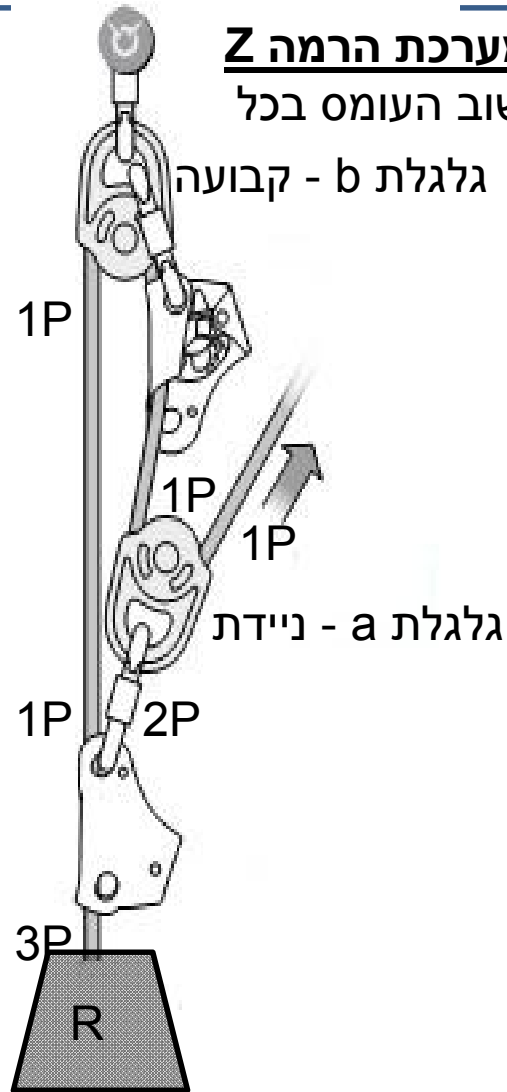
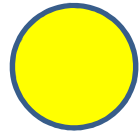
- גלגלת ניידת מחוברת אל הגוף ומשנה את מיקומה יחד עם התנועה של המערכת (עולה או יורדת).
- גלגלת ניידת מוסיפה ליתרון מכני רווח כוח בהתאם.
- גלגלת ניידת יכולה להיחשב כמנוף מדרגה שניה.
- **מנוף מדרגה שניה = נקודת המשען נמצאת בצידו האחד של המנוף**
- במקרה של גלגלת, נקודת המשען נמצאת על שפת הגלגלון ממש בנקודה בה החבל עוזב את הגלגלון לכיוון נקודת העיגון.
- זרוע מנוף אחת קצרה ואורכה מנקודת המשען  $F$  (שפת הגלגלון) עד לציר הגלגלת (שהיא ממש מעל לנקודת החיבור של הטבעת המחברת את הגלגלת לעומס)
- זרוע מנוף שניה ארוכה ואורכה מנקודת המשען  $F$  (שפת גלגלון) עד לנקודה בה החבל עוזב את הגלגלון לכיוון המאמץ  $E$ . בדר"כ זרוע מנוף זו אורכה פי 2 מהזרוע הראשונה.
- מאחר והיחס בין זרועות המנוף הינו פי 2, היתרון המכני – רווח כוח הינו ביחס של 2:1

- שינוי בכיוון המשיכה של החבל על גלגלת קבועה מזוית של 0 מעלות (ציור ימין) לזוית ביניים (ציור מרכזי) עד לזוית 90 מעלות (ציור שמאלי) משנה את העומס המופעל על העיגון אבל לא משפיעה הכוח הנדרש E להרמת הגוף.



- שינוי בכיוון המשיכה של החבל על **גלגלת ניידת**, מזזית של 0 מעלות (ציור ימין) **מקצר את זרוע המנוף** (ציור מרכזי) עד לאורך זהה לזרוע האחרת (ציור שמאלי) **ומקטין את היתרון המכני** – רווח הכוח ממצב של 2:1 עד למצב של 1:1 בהתאם.

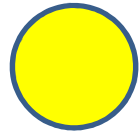




ישנם מספר רב של מערכות הרמה, הבסיסית והמוכרת ביותר היא **מערכת הרמה Z** תהליך חישוב רווח הכוח הוא מעקב אחר מהלך החבל במערכת וחישוב העומס בכל נקודה ונקודה, **מכיוון המשיכה לכיוון הגוף התלוי**.

החבל נכנס לגלגלת ניידת  $a$  ונמצא תחת עומס  $P$ , יוצא מצידה השני תחת אותו עומס, כלומר 2 זרועות שכל אחת אוזנת בכוח  $P$  את גלגלת  $a$ , הטבעת שמחזיקה את גלגלת  $a$  תחת עומס של  $2P$ . החבל שנכנס לגלגלת הקבועה  $b$  נמצא תחת עומס של  $1P$  ויוצא ממנה תחת אותו עומס. גלגלת  $b$  נמצאת תחת עומס של  $2P$ . החבל בעומס  $1P$  ממשיך לכיוון הגוף התלוי ועובר דרך תופסן החבל שנמצא תחת עומס של  $2P$ , כלומר החבל מתחת לתופסן מאזן נמצא בעומס מצטבר של  $3P$ . מסת הגוף אם כך מחוברת ומאוזנת לחבל תחת עומס של  $3P$ .

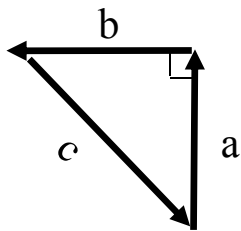
משיכה של  $P$  אחד בתחילת התהליך אוזנת בגוף שמשקלו מאוזן כנגד  $3P =$  הכוח הדרוש למשיכה הינו שליש ממשקל הגוף. אם כך זוהי מערכת רווח כוח של  $3:1$  העומס על נקודת העיגון שווה לעומס של שתי הזרועות יחדיו של גלגלת  $2P = 2$



### וקטורים

לצורך הדיון המצומצם שלנו נציין מספר מאפיינים בלבד  
 וקטורים הינם בעלי גודל וכיוון  
 ניתן לחבר וקטורים בצורה גרפית  
 אורך החץ מציין גודל הכוח

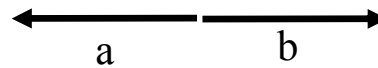
סכום גודל וכיוון  
 הווקטורים = אפס,  
 מצב סטטי



$$a + b + c = 0$$

static

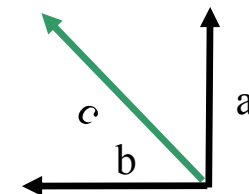
ווקטור b שווה בגודלו  
 ומנוגד בכיוונו לווקטור a  
 = אפס, מצב סטטי



$$a + b = 0$$

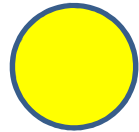
static

וקטור a ווקטור b שווים  
 ביחד לווקטור c

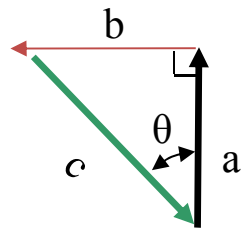


$$a + b = c$$

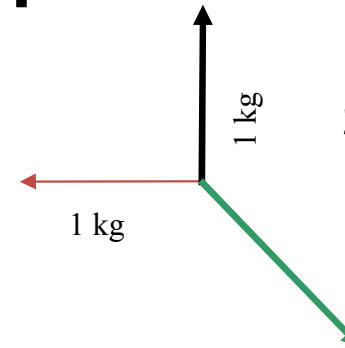
קישור למידע נוסף בנושא וקטורים



### ווקטורים



שניתן בהתאם לחוקי הווקטורים להציג אותה כמשולש כוחות



דוגמא למערכת כוחות

לשם חישוב הווקטור (גודל כוח וכיוון) המסומן בירוק

חוקי הטריגונומטריה

$$\sin \theta = b / c$$

$$\cos \theta = a / c$$

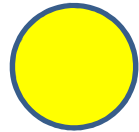
$$\tan \theta = b / a$$

משפט פיתגורס

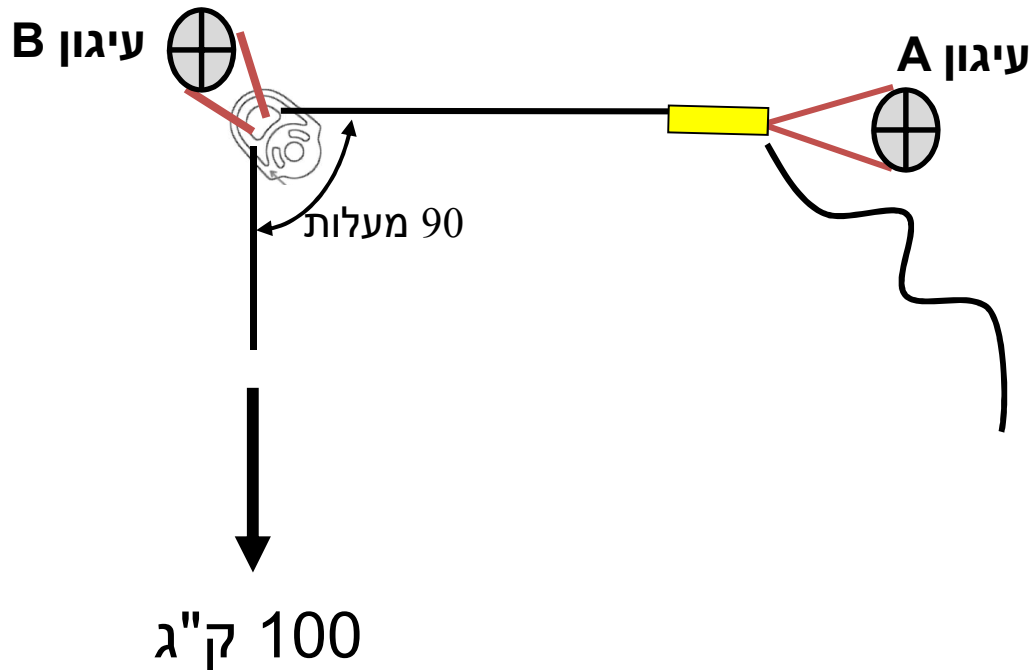
$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$c^2 = 1 + 1$$

$$c \approx 1.4$$



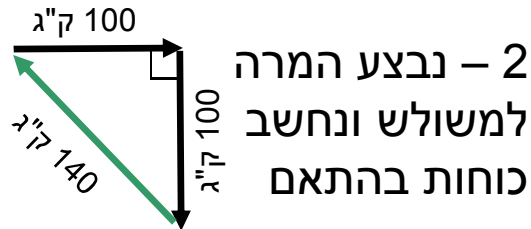
### גלגלת שינוי כיוון



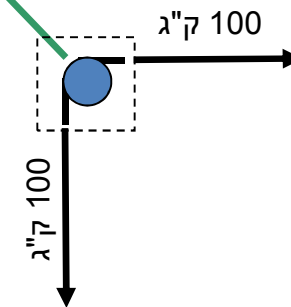
איזה עיגון נמצא תחת עומס גדול יותר?

כוחות בהפעלת גלגלות

3 - על עיגון B עם גלגלת שינוי הכיוון מופעל עומס של 140 ק"ג, על עיגון A 100 ק"ג

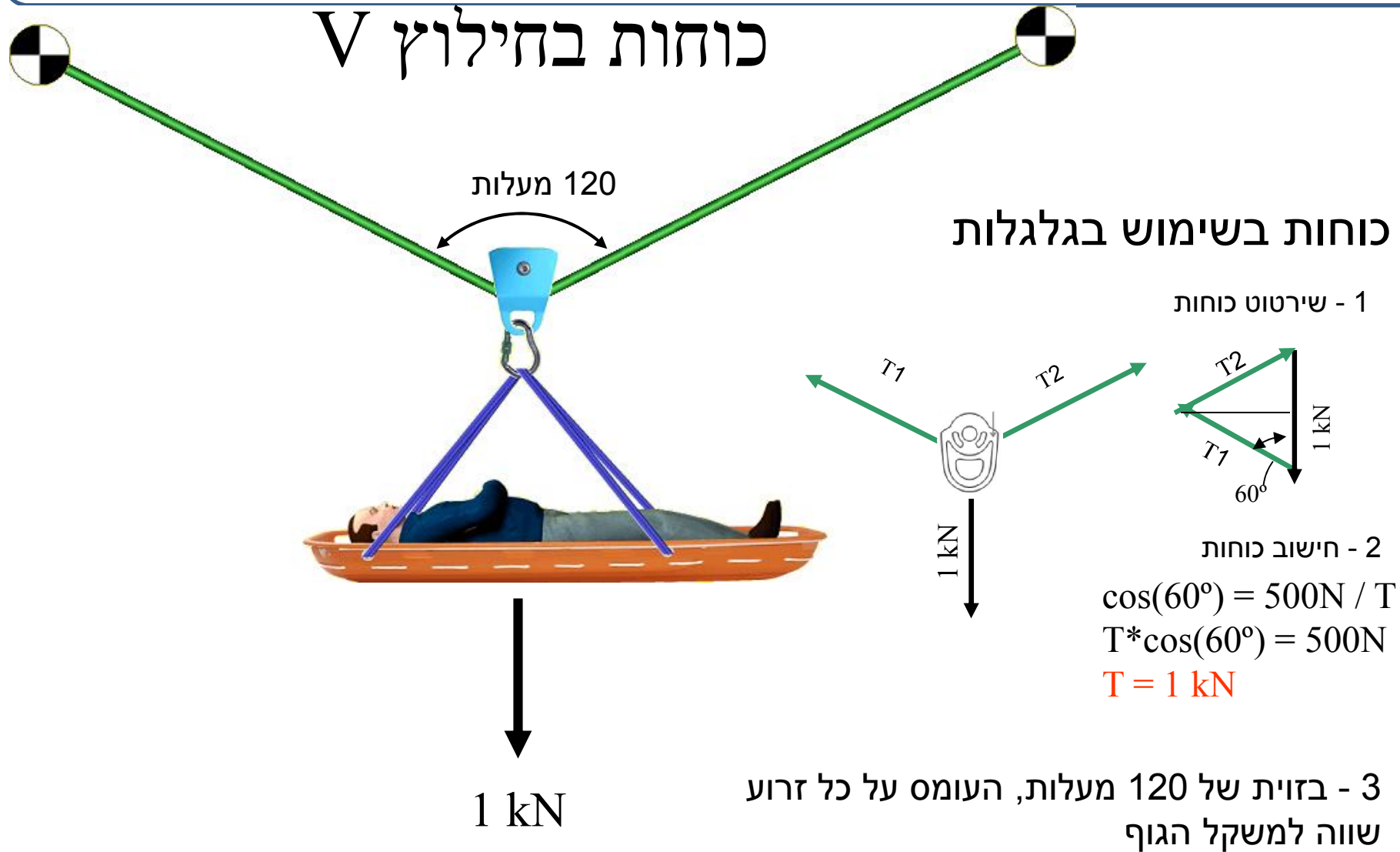


2 - נבצע המרה למשולש ונחשב כוחות בהתאם

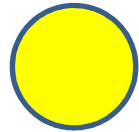


1 - עיגון B ראשית, נשרטט כוחות

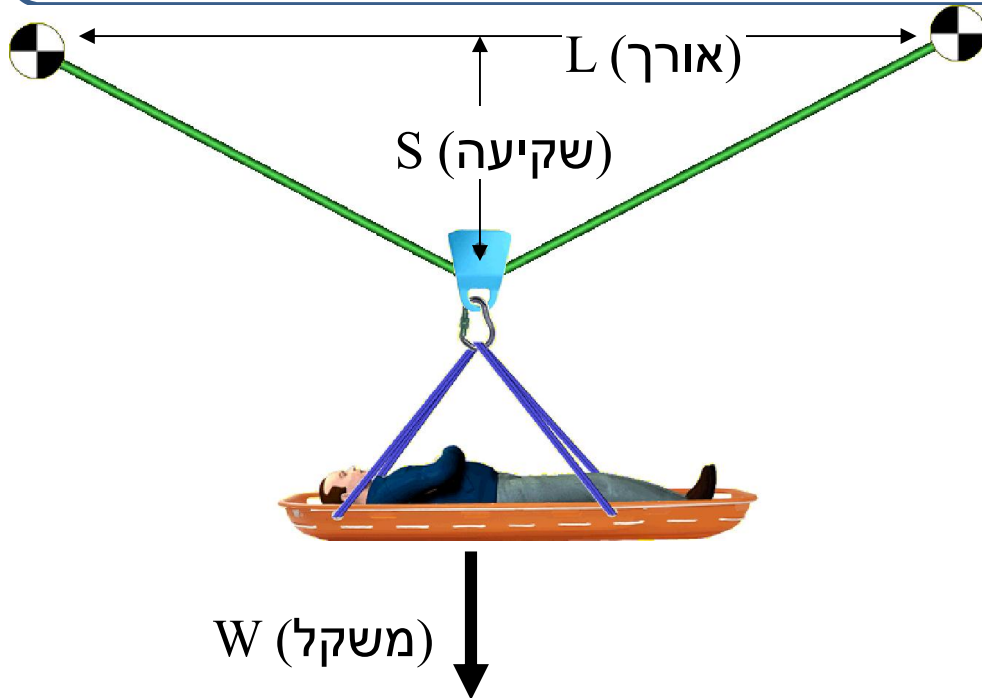
### כוחות בחילוץ V



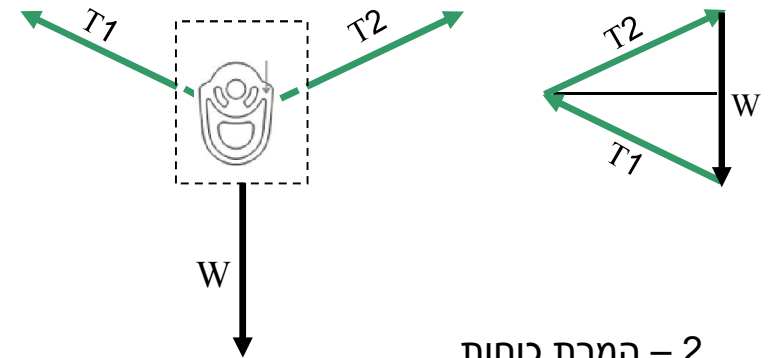




### עוד כוחות במערכת V



1 - שירטוט כוחות



2 - המרת כוחות למשולש כוחות

דוגמא לחישוב - מצב חילוץ V

אורך  $L = 120$  מטר

שקיעה  $S = 5$  מטר (לקראת סוף הרמה)

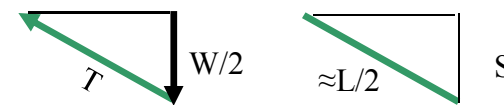
חישוב חלק א':  $120 / (4 * 5) = 6$

חישוב חלק ב': אם המשקל שווה ל 200 קילו (מחולץ

ומחלץ)...

העומס T על החבל שווה ל:  $6 * 200 = 1200 \text{kg}$  !!!

משולשים דומים

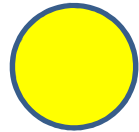


3 - חישוב כוחות

$$T / (W/2) \approx (L/2) / S$$

$$T \approx (W/2) * (L/2) / S$$

$$T \approx W * (L / 4S)$$



### יעילות גלגלות – ניסוי קיץ 2009

תיאוריה

גוף להרמה בעל מסה  $P$

$F1, F2, F3, F4, F5$  כוח שמופעל על כל אחד מחלקי

החבל

$F5$  הוא הכוח שיש להפעיל כדי להרים את הגוף

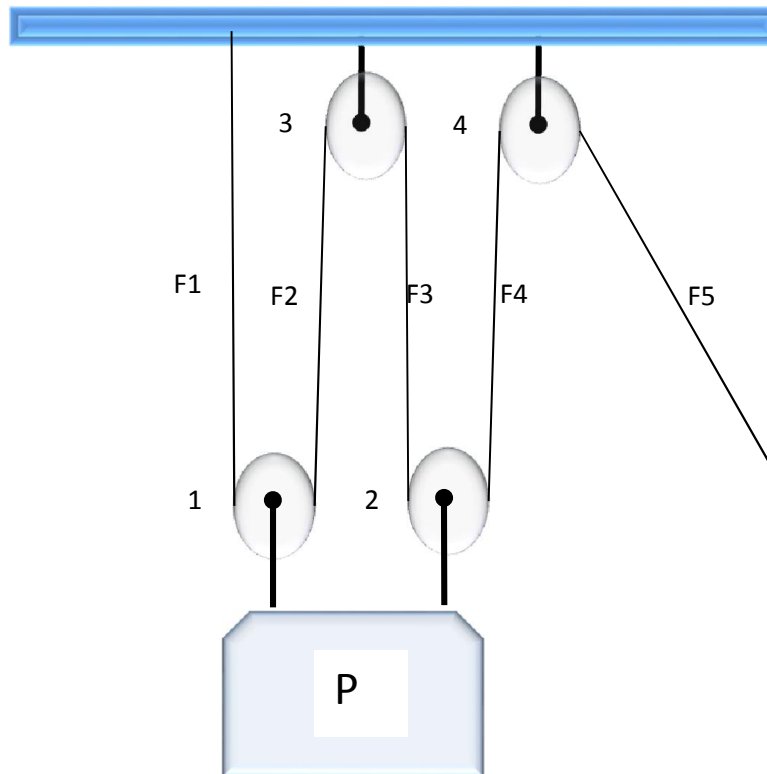
$a$  הוא מקדם החיכוך של הגלגלת או הטבעת שעליו

זורם החבל.

$a$  תמיד גדול מ  $1$ . יכול להיות שווה ל  $1$  אם לא יהיה

כלל חיכוך במערכת.

זוהי מערכת  $4:1$  ולכן:



$$P = F1 + F2 + F3 + F4$$

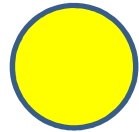
$$F2 = aF1$$

$$F3 = aF2 = a^2 F1$$

$$F4 = aF3 = a^3 F1$$

$$F5 = aF4 = a^4 F1$$

$$F5 = a^4(P/(1 + a + a^2 + a^3))$$



### יעילות גלגלות – ניסוי קיץ 2009

| מיקום וסוג הגלגלת או הטבעת בניסוי | 1 and 2 TWIN | 1 and 2 GEMINI | 1 and 2 CARABINER | 1 and 2 CARABINER | 1 and 2 CARABINER |
|-----------------------------------|--------------|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                   | 3 and 4 TWIN | 3 and 4 GEMINI | 3 and 4 CARABINER | 3 CARABINER       | 3 MINDER          |
|                                   |              |                |                   | 4 MINDER          | 4 CARABINER       |
| משקל הגוף P ק"ג                   | 155          | 155            | 100               | 100               | 100               |
| מאמץ תיאורטי 4:1                  | 38.75        | 38.75          | 25                | 25                | 25                |
| חבל חצי סטטי 10.5 מ"מ             |              |                |                   |                   |                   |
| מאמץ הרמה בפועל                   | 48           | 59             | 86                | 55.5              | 80                |
| מאמץ הורדה בפועל                  | 29           | 22             | 0                 | 6                 | 0                 |
| מקדם חיכוך                        | 1.09         | 1.19           | 1.8               | 1.09 - 1.8        | 1.09 - 1.8        |

#### מסקנות:

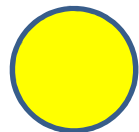
1 - ההבדל בין המאמץ להרמה והמאמץ להורדה ממחיש את גודל החיכוך ופועלו.

2 - במידה ויש לנו רק גלגלת מיסב כדורי אחת, יש למקם אותה כגלגלת האחרונה לפני הגלגלת המרימה בפועל.

מסקנות נוספות (מניסוי שלא מופיע כאן)

3 – עבור גלגלות זהות, מקדם החיכוך משתנה בהתאם לסוג החבל ומצבו.

4 – הביצועים הטובים ביותר הושגו עם חבל דק, רך וגמיש.



### גלגלות חברת PETZL – 2010

1- כוח הקריעה והעבודה גבוה יותר 2- עליה באחוזי היעילות 3- מיסב משופר 4- משקל נמוך יותר

| מסקל גרם | כוח קריעה kN | עומס עבודה kN | מיסב              | קוטר גלגלון מ"מ | קוטר חבל  | יעילות | תקן                                | מק"ט | תיאור                           |
|----------|--------------|---------------|-------------------|-----------------|-----------|--------|------------------------------------|------|---------------------------------|
| 75       | 15           | 5             | חיכוך, שימון עצמי | 21              | עד 13 מ"מ | 71%    | EN12278                            | P03A | MOBILE - גלגלת                  |
| 90       | 23           | 5             | חיכוך, שימון עצמי | 21              | עד 13 מ"מ | 71%    | EN12278                            | P05W | FIXE - גלגלת                    |
| 56       | 15           | 5             | כדורי, אטום       | 25              | עד 11 מ"מ | 91%    | EN12278                            | P52A | PARTNER - גלגלת עם יעילות גבוהה |
| 185      | 36           | 8             | כדורי, אטום       | 38              | עד 13 מ"מ | 95%    | EN12278<br>NFPA1983<br>Light use   | P50A | RESCUE - גלגלת עם יעילות גבוהה  |
| 80       | 23           | 5             | כדורי, אטום       | 25              | עד 11 מ"מ | 91%    | EN12278<br>NFPA1983<br>Light use   | P59A | MINI - גלגלת פרוסיק             |
| 135      | 23           | 6             | כדורי, אטום       | 25              | עד 11 מ"מ | 91%    | EN12278<br>NFPA1983<br>Light use   | P66A | GEMINI - גלגלת פרוסיק כפולה     |
| 295      | 36           | 8             | כדורי, אטום       | 51              | עד 13 מ"מ | 97%    | EN12278<br>NFPA1983<br>General use | P60A | MINDER - גלגלת פרוסיק גדולה     |
| 450      | 36           | 12            | כדורי, אטום       | 51              | עד 13 מ"מ | 97%    | EN12278<br>NFPA1983<br>General use | P65A | TWIN - גלגלת פרוסיק גדולה כפולה |