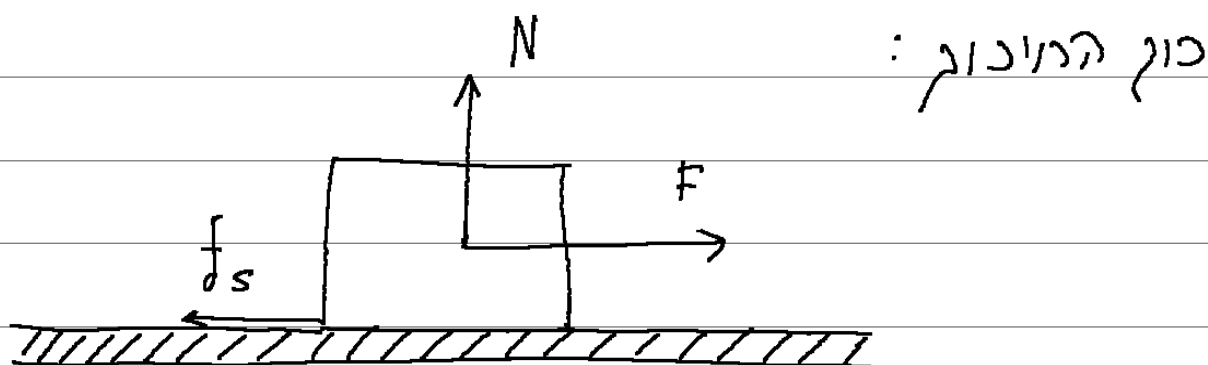


# 4. חוקי ניוטון 2

## 4.1. חיכוך

גוף של משלח חווה כוח תגובה גביון ניצב למשלח.

קיימת כוח תגובה כוח  $f$  אשר פועל בגביון השני למשלח:



כוח חיכוך סטטי  $f_s$ : אם כוח חיצוני  $F$  מופעל

על גוף, אז הגוף נשאר במנוחה. כוח חיכוך סטטי פועל בכיוון הנגדי לזה של הכוח החיצוני.

כוח החיכוך מוגבל על ידי:

קיימת כוח חיכוך סטטי מרבי:

$$|f_s| \leq f_s^{\max} = \mu_s |N|$$

$\mu_s$  מקדם חיכוך סטטי

$M_S$  תלוי בתדירות שלהם של  $M_k$  והשדה:

$M_k$	$M_S$	
0.2	0.25-5	של של של :
0.4	0.9-1.0	כוכבית של כוכבית:
0.6	0.6	כמה של כמה :
0.04	0.04	אפילו של אפילו :

כאשר כוח החיכוך נשאר קבוע, כוח הכבידה יגרום לכך שיש יותר חיכוך מאשר צורך, והוא יגרום לכך שיש יותר חיכוך מאשר צורך. הוא יגרום לכך שיש יותר חיכוך מאשר צורך.

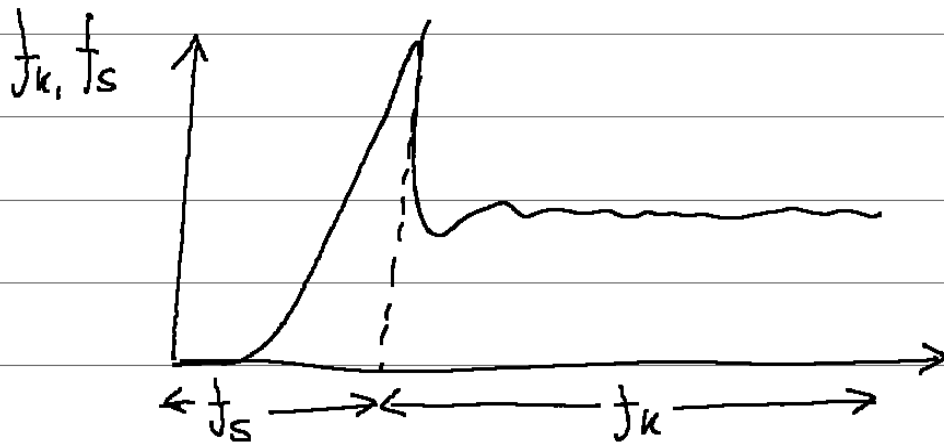
כוח חיכוך קינטי פועל בכיוון הפוך מההיכרות:

$$\underline{f_k} = -M_k |N| \hat{v}$$

$M_k$  מקדם חיכוך קינטי.

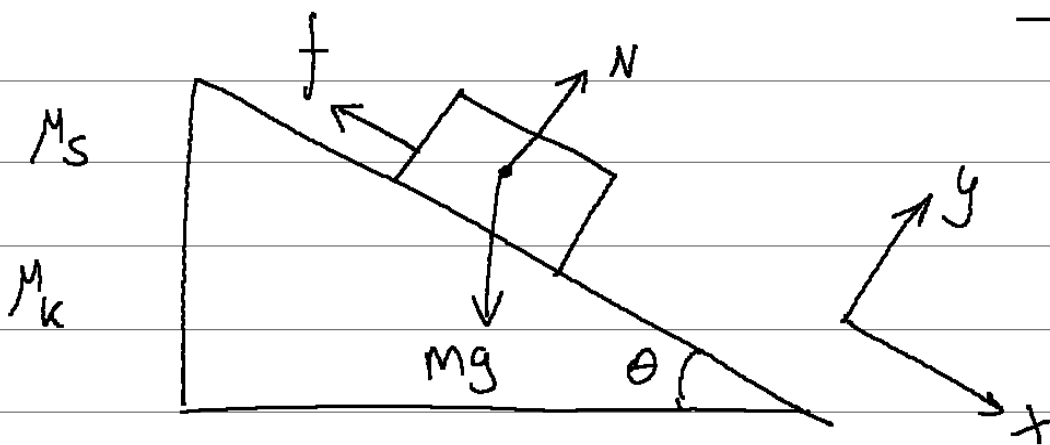
סימנים:  $\hat{v}$  זהה לכיוון ההיכרות, לא מקדם!

כא כוח המיכה של  $\mu_s$  של  $\mu_k$  נראה כך:



גזר,  $\mu_s > \mu_k$ ,  $\mu_s$  ו  $\mu_k$

הדבר:



$$mg \sin \theta - f = ma$$

כוחות:

$$N - mg \cos \theta = 0$$

$$a=0 : \text{כוח של } f \leq f_s^{\text{max}} : \text{אז}$$

$$f_s^{\max} = \mu_s |N| = \mu_s mg \cos \theta$$

:SS of  $f_s$  is

$$mg \sin \theta - f_s = 0$$

is the way to

$$f_s \leq f_s^{\max} \Rightarrow \mu_s mg \cos \theta \leq mg \sin \theta$$

$$\Rightarrow \boxed{\tan \theta \leq \mu_s}$$

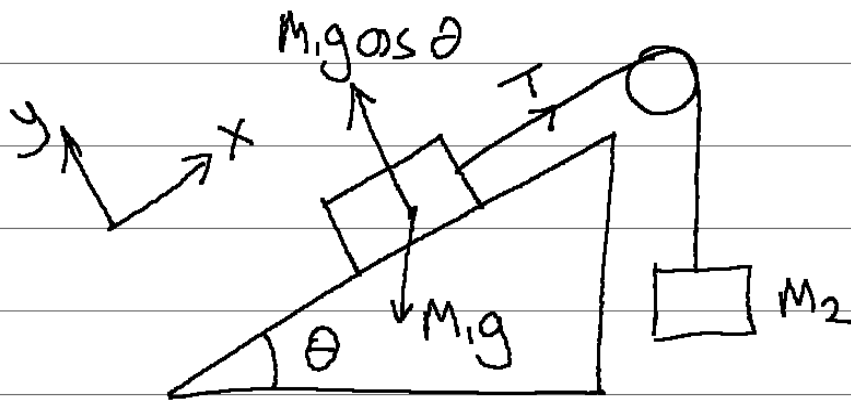
כלומר, רק בזוויות וההקדים, אם במה ומה גודל.

אם הזווית גדולה מספיק  $\mu_s > \tan \theta$ , SS of  $f_s$  והכוח חובב הוא ה'א'!

$$f_k = \mu_k mg \cos \theta$$

$$\Rightarrow \underline{mg (\sin \theta - \mu_k \cos \theta) = ma}$$

ציון: כפי שציינת את כוח החיכוך הסלילי ככ"ג  
 דבר זה את הכוחות המוזכרים:



$$f_s^{\max} = \mu_s M_1 g \cos \theta$$

יכנסו עקרונות שלמה בצורה:

$$T - M_1 g \sin \theta + \mu_s M_1 g \cos \theta < 0 : \text{ (a)}$$

$$T - M_1 g \sin \theta - \mu_s M_1 g \cos \theta > 0 : \text{ (b)}$$

$$|T - M_1 g \sin \theta| \leq \mu_s M_1 g \cos \theta : \text{ (c)}$$

קראו את כוח החיכוך של הסליל, וכו' :

$$T = M_2 g.$$

∴ 0  $\mu$   $\mu$

$$M_2 - M_1 \sin \theta - \mu_k M_1 \cos \theta > 0$$

?  $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$   $\mu$

$$T - M_1 g \sin \theta - \mu_k M_1 g \cos \theta = M_1 a_1 \quad (2)$$

$$T - M_2 g = M_2 a_2 \quad (1)$$

$$a_2 = -a_1$$

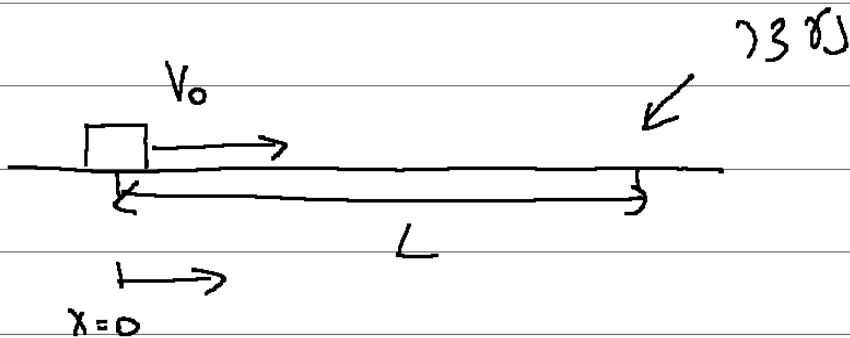
$$(1) \Rightarrow T = M_2 g - M_2 a_1$$

$$(2) \Rightarrow M_2 g - M_1 g \sin \theta - \mu_k M_1 g \cos \theta = (M_1 + M_2) a_1$$

$$\Rightarrow a_1 = \frac{g(M_2 - M_1 \sin \theta - \mu_k M_1 \cos \theta)}{(M_1 + M_2)}$$

---

שאלה:



מה מהירות הכובד? אולי?

הכוח היחיד שפועל על הגוף הוא חיכוך:  $f_k = -\mu_k |N| \hat{v}$

$$f_k = -\mu_k \cdot |N| = -\mu_k \cdot mg = -m \cdot a$$

$$\Rightarrow a = -\mu_k g \quad (\leftarrow \text{ בכיוון: })$$

תנאי התאוצה קבועה:

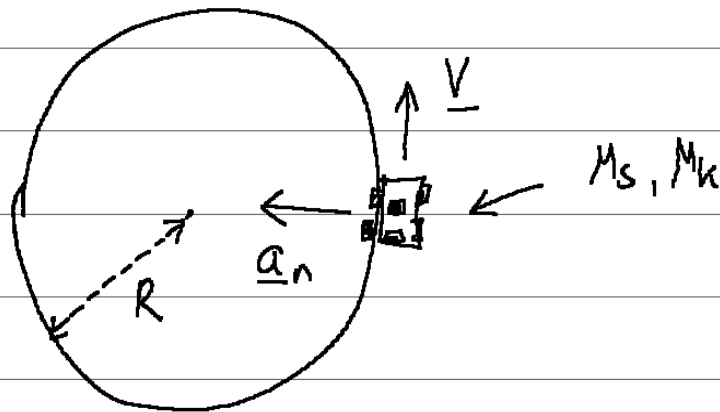
$$x = 0 + v_0 t + \frac{1}{2} a t^2$$

$$v = v_0 + a t$$

$$v_0 = -a t_s \Rightarrow t_s = -\frac{v_0}{a} \quad \text{זמן:}$$

$$\Rightarrow x_s = -\frac{v_0^2}{a} + \frac{1}{2} \frac{v_0^2}{a} = -\frac{v_0^2}{2a} = L \Rightarrow \mu_k = \frac{v_0^2}{2gL}$$

3.3.3:



באילו מהירות אבדית כרכ יכנס לתוך ולהיפך בסבוב?

כוכ החיכוך הוא טלני (אפילו עהרכ טוס, הוא עכ  
שעך.)

כר הכוכ היחיד לייכוס עספך תכאוכה צנלכי עלית:

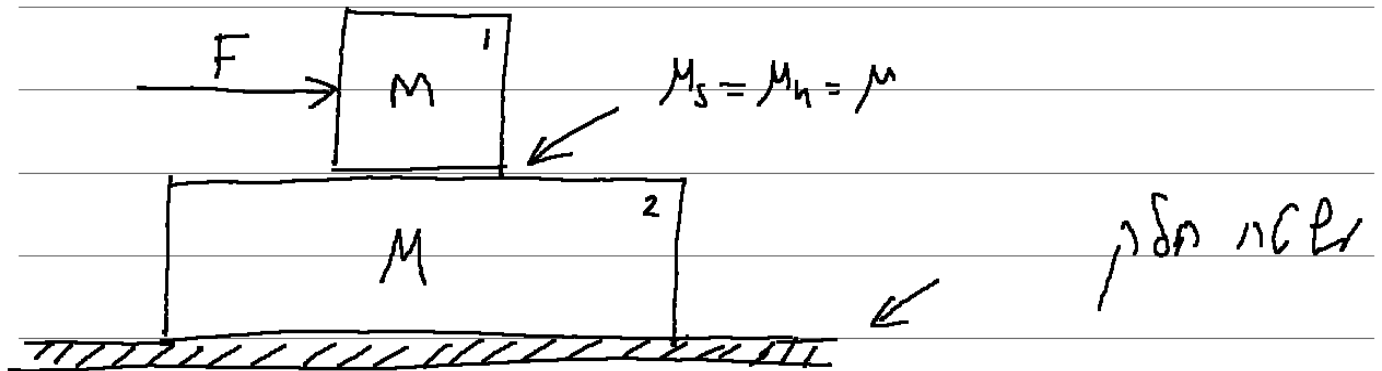
$$a_n = \frac{v^2}{R}$$

$$\Rightarrow f_s^{\max} = M_s |N| = M_s mg = \frac{Mv_{\max}^2}{R}$$

$$\Rightarrow \boxed{v^2 \leq M_s g R}$$



תשובה:



$$F - f' = ma_1, \quad f' = mg \quad : \text{1 גוף}$$

$$f^2 = -f' \quad : \text{חוק ניוטון השלישי}$$

$$f = Ma_2 \quad : \text{2 גוף}$$

אם כוח החיכוך הוא מסוג  $\mu$  והוא מסוג  $\mu$  אז:

$$\underline{f \leq \mu mg} : \quad a_1 = a_2$$

$$F = (M+m)a_1 \Rightarrow a_1 = a_2 = \underline{\underline{\frac{F}{(M+m)}}}$$

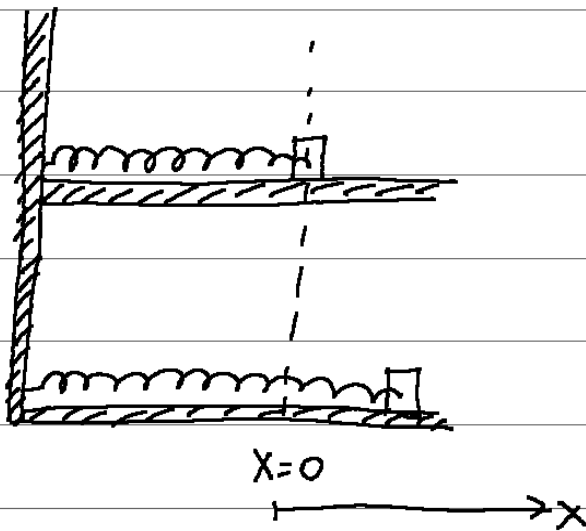
אם ממש כוח כגון שהיכוח הוא קיטלי:

$$Ma_1 = F - Mg$$

$$Ma_2 = Mg$$

## 4.2 כוח הקפיץ

כוח הקפיץ, או כוח אלסטי, היא כוח שפרופורציונלי  
למרחקו משיווי משקל.



$$F_x = -kx$$

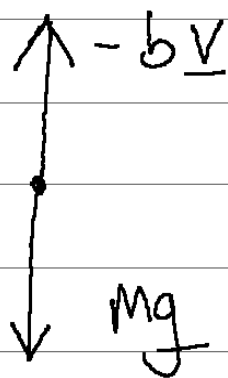
### 4.3 כוח דבר

כוח גלגל נח גתונק (אוויר, מים), בגהירויות לא  
גבורות גזי, התונק מפרס עסיי כוח דבר:

$$\underline{F_{res}} = -b \underline{v}$$

המקדם  $b$  תלוי בגזרות הגולף שם לא בגהידות.

צורה: גולף כוס באוויר



$$ma = mg - bv, \quad v = |\underline{v}|, \quad \underline{v}_y$$

$$\Rightarrow m \frac{dv}{dt} = mg - bv$$

לשואב ציברנציאלית לשחק עמר.

מכאן נובע:

$$a=0 \Rightarrow mg = bV_{\max}$$

$$\Rightarrow \underline{V_{\max} = \frac{mg}{b}}$$