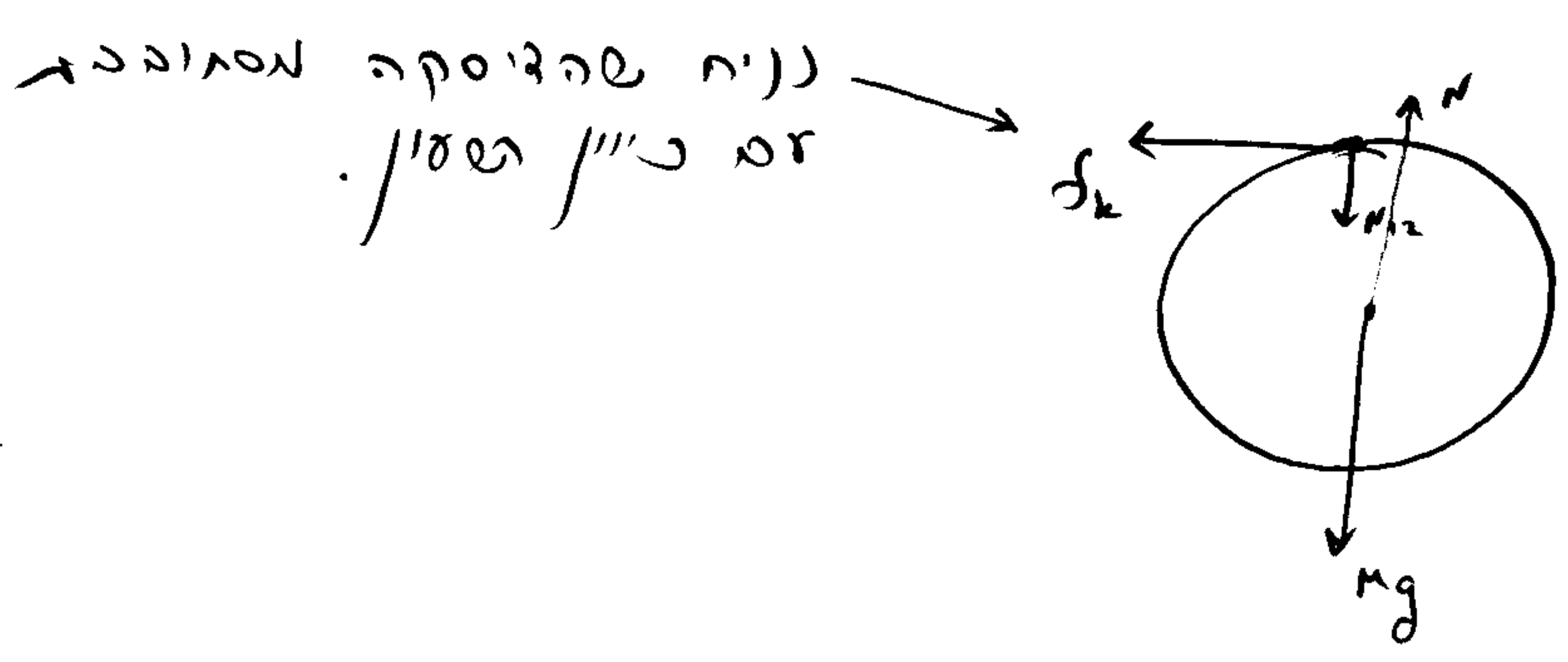


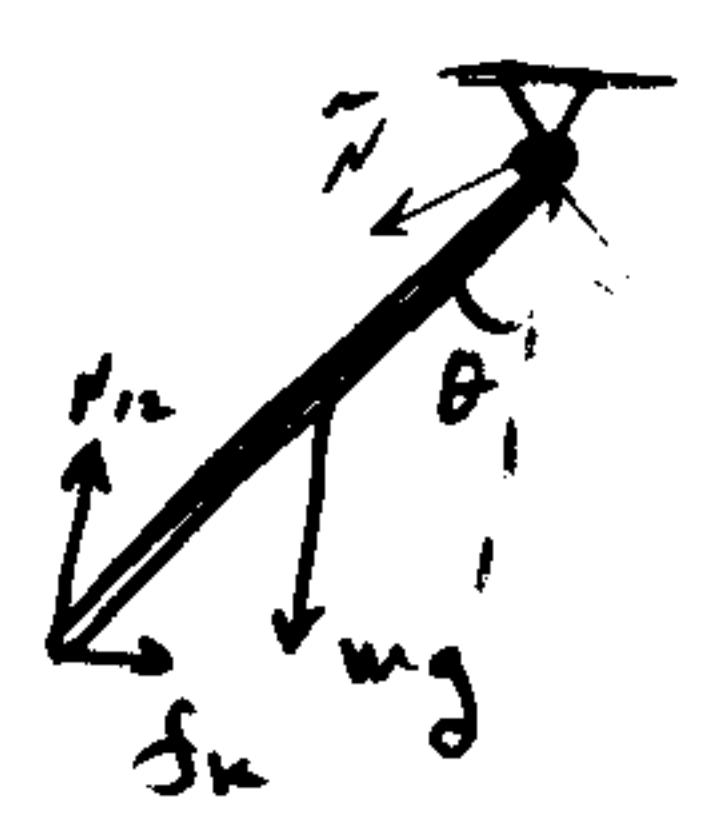
בשני אמצעי כמה כמעט אוקה להזיסקה עצמית (צדקן אצור מה האורה לה
 (או במקרה הצה האורה). במז שהזיסקה היא זילי קליה ומזובי על סיבוב
 נשמש בחוק שני א נייטין צבובי סיבובים
 נחתו מחרים מומנטים על הזיסקה



מכיוון שם הכוחות, חל מהחיכוך, צבובים כפיון צדקן לזי הסבובי אז הרח
 היחזי שפדל מומנט הוא f_k חלק שלולג המומנטים היא

$$f_k \cdot R = I \alpha$$

אנני מניחים שאנני יוצים מהם I ו- R חלק יש לנו לשווא אמג עם 2 נעמים.
 אז נחפס עוב שוואה, במז שהזיסקה אז צבה השוואה על מרחב המסה של הזיסקה
 אז מנינוג הם סמם יאני לנו שוואה על נעמים זה מעניינים.
 אז נצבור אמט.
 נעשה שוואה כוחות אמט

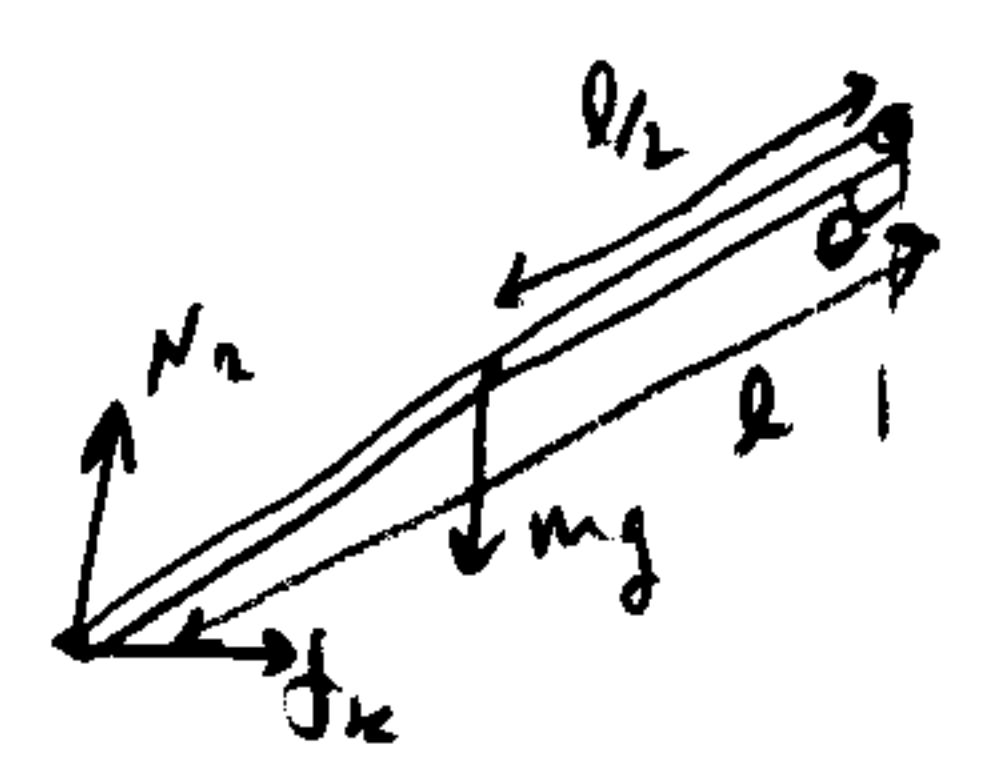


הבסיה שהציה מפעיל נח שאנני לא יוצים מה הכיוון שלו, אז שוב (צבוב על חיק שני)
 א נייטין צבובי סיבובים. לזי הסבובי הוא קציר חלק יחה שהציה מפעיל אז יפעיל מומנטים
 חלק שפדל אמט. אז נחפס שוואה מומנטים על החז, נצבור שהזי או אמטובא

$$\sum \tau_{mg} = \frac{l}{2} mg \sin \theta$$

$$\sum \tau_{N_2} = -l N_2 \sin \theta$$

$$\sum \tau_{f_k} = l f_k \cos \theta$$



$$\frac{l}{2} mg \sin \theta - l N_2 \sin \theta + l f_k \cos \theta = 0$$

שני גופים נעים יחד

$$f_k \cdot R = I \alpha$$

$$\frac{1}{2} m g \sin \theta - N_{12} \sin \theta + f_k \cos \theta = 0$$

הגוף השני יורד והגוף הראשון עולה (אם $\mu < \tan \theta$)

$$f_k = \mu_k N_{12}$$

הגוף הראשון יורד והגוף השני עולה (אם $\mu > \tan \theta$)

$$\begin{cases} \frac{1}{2} m g \sin \theta - N_{12} \sin \theta + f_k \cos \theta = 0 \\ f_k R = I \alpha \\ f_k = \mu_k N_{12} \end{cases} \Rightarrow \mu_k N_{12} \cdot R = I \alpha$$

$$\frac{1}{2} m g \sin \theta - N_{12} \sin \theta + \mu_k N_{12} \cos \theta = 0$$

$$N_{12} = \frac{\frac{1}{2} m g \sin \theta}{\sin \theta - \mu_k \cos \theta}$$

$$\frac{\frac{1}{2} \mu_k m g \sin \theta}{\sin \theta - \mu_k \cos \theta} = I \alpha \Rightarrow \alpha_1 = \frac{\frac{1}{2} \mu_k m g}{I(1 - \mu_k \cot \theta)}$$

השני יורד והראשון עולה (אם $\mu < \tan \theta$)

$$\omega = \omega_0 - \alpha t \Rightarrow \omega = 0$$

$$\omega_0 = \alpha_1 t \Rightarrow t = \frac{\omega_0}{\alpha_1}$$

השני עולה והראשון יורד (אם $\mu > \tan \theta$)

$$\alpha_2 = \frac{\frac{1}{2} \mu_k m g}{I(1 + \mu_k \cot \theta)}$$

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{\alpha_2}{\alpha_1} = \frac{1 + \mu_k \cot \theta}{1 - \mu_k \cot \theta}$$

מדידת דוברים בשנתם

כפי שהציור המצורף לשאלה רומז, הפתרון מבוסס על מרכז המסה. בהעדר כוחות חיצוניים, מרכז המסה של מערכת החוקרת + דוב נשאר במקומו. החוקרת קושרת חבל לדוב, ומחזיקה את קצהו השני. כמו כן, היא מסמנת את מיקומה הנוכחי על הקרח. אם נסמן את ראשית הצירים במרכז המסה, נוכל למצוא את קשר בין מרחק החוקרת ממרכז המסה למרחק הדוב ממרכז המסה:

$$\frac{m_p(-x_p) + m_b x_b}{m_p + m_b} = 0$$
$$m_p x_p = m_b x_b$$

מין הסתם, החוקרת לא יודעת בתחילה איפה נמצא מרכז המסה, ולכן המשוואה הזו לבדה לא עוזרת לה. השיטה היא למשוך קצת בחבל, ולמדוד את השינוי במיקום שלה ושל הדוב (ניתן למדוד את שלה ואת אורך החבל ולהסיק את השינוי במיקום הדוב אם רוצים). נסמן את המיקום החדש של החוקרת $\tilde{x}_p = x_p + \Delta x_p$, ואת המיקום החדש של הדוב ב: $\tilde{x}_b = x_b + \Delta x_b$. אמרנו שהיחס צריך לעבוד תמיד, ולכן נוכל להציב את המרחקים החדשים:

$$m_p \tilde{x}_p = m_b \tilde{x}_b$$
$$m_p x_p + m_p \Delta x_p = m_b x_b + m_b \Delta x_b$$

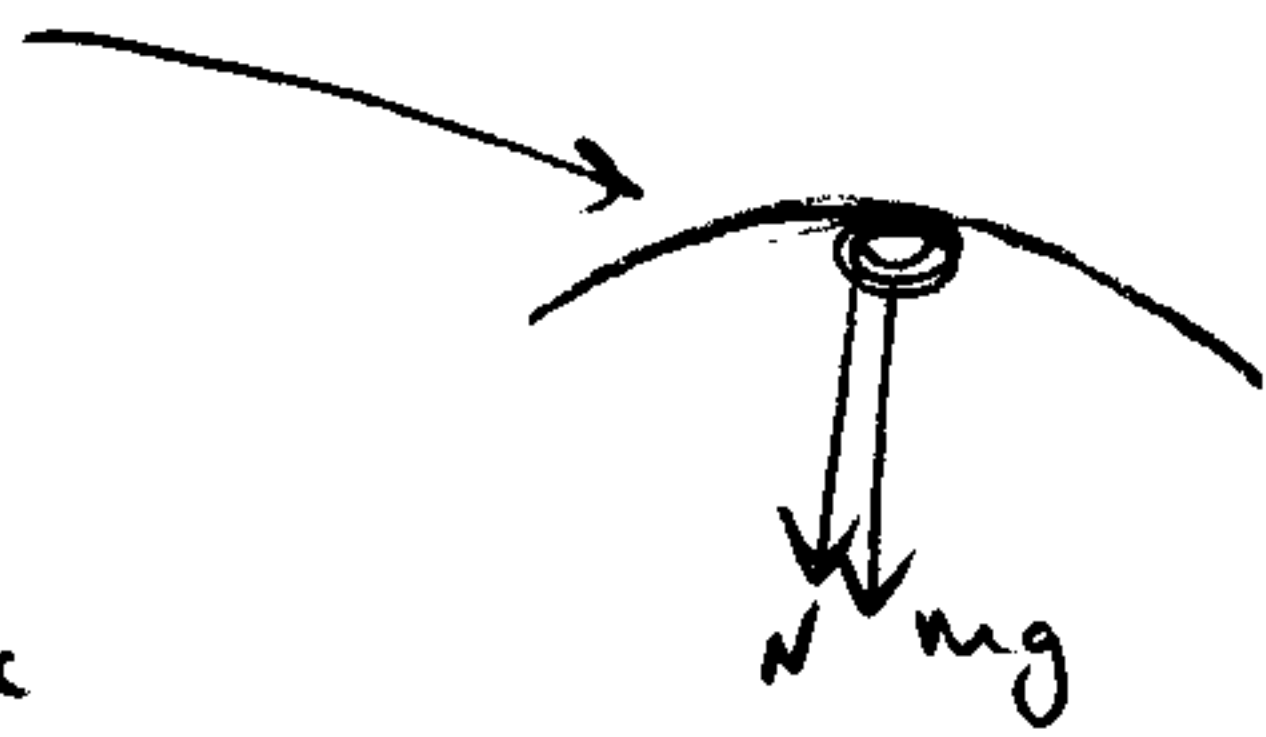
נחסר ממשוואה זו את המשוואה שהייתה לנו למיקומים ההתחלתיים לקבל:

$$m_p \Delta x_p = m_b \Delta x_b$$
$$m_b = m_p \frac{\Delta x_p}{\Delta x_b}$$

כך, על ידי מדידת השינוי במיקום החוקרת והדוב, ניתן לגלות את מסת הדוב. כאשר יש חיכוך במשטח, יש כוחות חיצוניים, ולכן התנע לא ישמר, ומרכז המסה בהחלט יכול לזוז.

שאלים ויגנו על גובה מקסימלי ובשאלה יש רק כוחות משמרים ולכן בשאלה נרצה
 כמו אנרגיה. אבל צריך לשים לב שמהקשים שהכדור נשלים סיבוב שלם.
 הנקודה הכי קריטית ביום היא הנקודה העליונה ולכן נבחר אליה

בנקודה הזו כל הכוחות שפועלים
 על הכדור נודים זהפז לג הכדור מהמסלול
 ולכן אם יצביח הנקודה הזו "שלים"
 אז הוא נשלים סיבוב.



כמה שיטות יש לנקודה (ר) שהיננו בנקודה יהיה גדול מאפס ולכן נשום
 משוואת כוחות עבור נקודה זו.

$$N + mg = ma_r = m \frac{v^2}{R}$$

↓
 גנוסה
 משלים
 יש אטמה
 רדיאלית

$$N = m \left(\frac{v^2}{R} - g \right) > 0$$

$v > \sqrt{gR} \iff v_c = \sqrt{gR} \leftarrow$ מהחישוב המינימלי המוגדר
 אני בודק העליונה כדור שהכדור נשלים
 זוכה.

עכשיו נותן להמשך בשטח אנרגיה

$$mgh = \frac{1}{2} m v^2 + \frac{1}{2} I \omega^2 + mg2R$$

המשוואה מבצע זאת אף התקפה אז הקשר בין ω ומהירות הקליב הוא
 אנוסה סבובית. מיינס נוסה סבובית. אנרגיה אנוסה אנרגיה אנוסה

$$v = \omega r$$

$$mgh = \frac{1}{2} m g R + \frac{1}{2} \frac{m}{5} \frac{v^2}{R^2} g R + m g 2R$$

$$h = \left(\frac{1}{2} R + \frac{1}{5} R + 2R \right) = \frac{27}{10} R$$