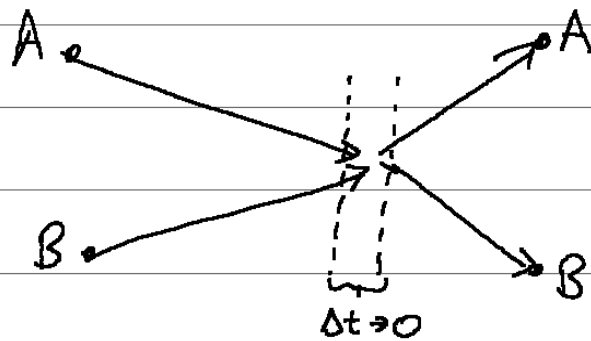


8. התנגשות

התנגשות אנו מתייחסים אליה כזמן הפסעה של הכוחות בין הגופים בזמן קצר מאוד.



אנחנו מתייחסים אליו את הזמן המזערי בזמן קצר מאוד לפני ההתנגשות, למצב המזערי בזמן קצר מאוד אחרי ההתנגשות.

גודל הזמן ההתנגשות זעיר, הכוחות התיזוב שלובים הם בין הגופים, לא תזוביים, המתיק תלוי בהם:

$$\Delta \varphi = \underbrace{F_{ext} \Delta t}_{\rightarrow 0} + F_{AB} \Delta t$$

גודל הכוחות תזוביים לא תלויים, התנגשות התנגשות.

$$\sum_i m_i \underline{v}_i = \sum_j m'_j \underline{v}'_j$$

כאשר מסות ומהירויות הגופים לפני ההתנגשות הם m_i, \underline{v}_i ואחרי ההתנגשות m'_j, \underline{v}'_j .

שיעור 2: מספר הגופים, והמסה שלהם, יכולים להשתנות בהתנגשות.

האנרגיה הקינטית של המערכת יכולה להשתנות בהתנגשות:

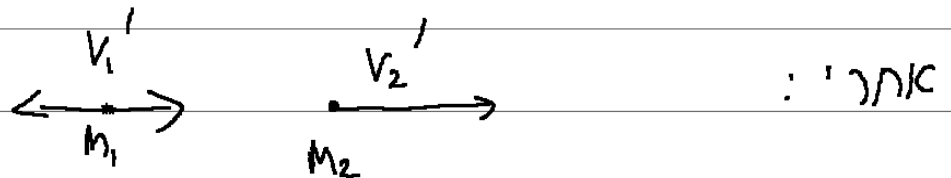
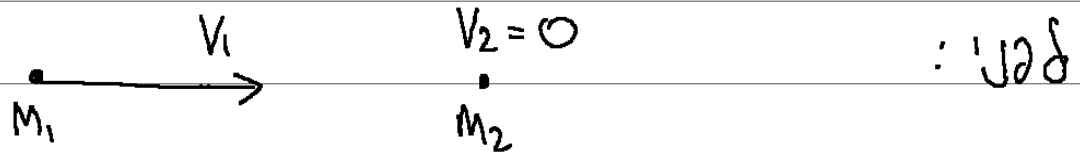
$$K = \sum_i \frac{1}{2} m_i |\underline{v}_i|^2, \quad K' = \sum_j \frac{1}{2} m'_j |\underline{v}'_j|^2$$

$$K + Q = K'$$

$$\begin{array}{l} \underline{Q} = 0 : \text{התנגשות אלסטית} \\ \underline{Q} < 0 : \text{התנגשות אי-אלסטית} \end{array}$$

($\underline{Q} > 0$: התנגשות סופר-אלסטית)

8.4 תגובות אסטרונומיות של גופים במרחב



$$M_1 v_1 = M_1 v_1' + M_2 v_2' \quad \text{: תנע}$$

$$\frac{1}{2} M_1 v_1^2 = \frac{1}{2} M_1 (v_1')^2 + \frac{1}{2} M_2 (v_2')^2 \quad \text{: אנרגיה קינטטית}$$

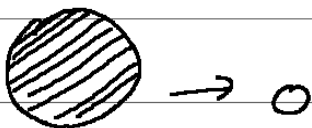
אפשר לפתור את זה :

$$v_1' = \left(\frac{M_1 - M_2}{M_1 + M_2} \right) v_1, \quad v_2' = \left(\frac{2M_1}{M_1 + M_2} \right) v_1$$

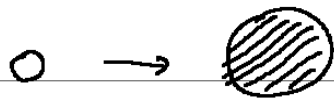
v_2' באותו כיוון של v_1 , אבל v_1' תלוי בגודל.

מקרים שונים:

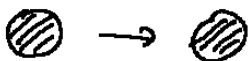
$$v_1' \approx v_1, \quad v_2' \approx 2v_1 \quad \text{: } M_1 \gg M_2$$



$$v_2' \approx 0, \quad v_1' \approx -v_1 \quad : \underline{M_1 \ll M_2}$$



$$v_1' = 0, \quad v_2' = v_1 \quad : \underline{M_1 = M_2}$$



$$\left(v_1' = -\frac{1}{3}v_1, \quad v_2' = \frac{2}{3}v_1 \quad \Leftarrow \quad M_2 = 2, \quad M_1 = 1 \quad \underline{\text{צילנה:}} \right)$$

8.5 התנגשות במרכז המסה

יש שני מערכות יחוס לשלושת ההתנגשויות:

מערכת המעגקה: לפני המרחק שלה $v_2 = 0$

מערכת מרכז המסה: מערכת היחוס שלה תמיד
המערכת שווה לאפס:

$$P_{CM} = 0$$

$$v_{CM} = \frac{M_1 v_1 + M_2 v_2}{M_1 + M_2} \quad \text{היא נדה במהירות:}$$

התנאים אלסטית במערכת שני גופים

במערכת שני גופים:

$$p_1 + p_2 = p_1' + p_2' = 0$$

$$\Rightarrow |p_1| = |p_2|, \quad |p_1'| = |p_2'|$$

גודל התנע של הגוף שני שווה, והכיוון הפוך.

שימו לב: אנרגיה קינטית:

$$\frac{|p_1|^2}{2m_1} + \frac{|p_2|^2}{2m_2} = |p_1|^2 \left(\frac{1}{2m_1} + \frac{1}{2m_2} \right)$$

$$= \frac{|p_1'|^2}{2m_1} + \frac{|p_2'|^2}{2m_2} = |p_1'|^2 \left(\frac{1}{2m_1} + \frac{1}{2m_2} \right)$$

$$\Rightarrow \underline{|p_1| = |p_1'| = |p_2| = |p_2'|}$$

במערכת שני גופים רק כיוון מהירות הגוף
שונה, לא גודל המהירות:

$$|u_1| = |u_1'|, \quad |u_2| = |u_2'|$$

אנחנו עובדים על המערכת המאגזקה :

$$\underline{V}_1 = \underline{u}_1 + \underline{V}_{cm}$$

$$\underline{V}_2 = \underline{u}_2 + \underline{V}_{cm}$$

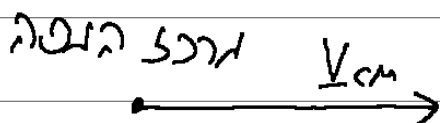
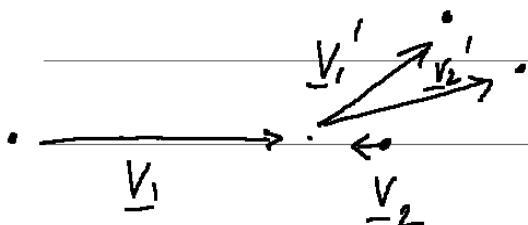
$$\underline{V}'_1 = \underline{u}'_1 + \underline{V}_{cm}$$

$$\underline{V}'_2 = \underline{u}'_2 + \underline{V}_{cm}$$

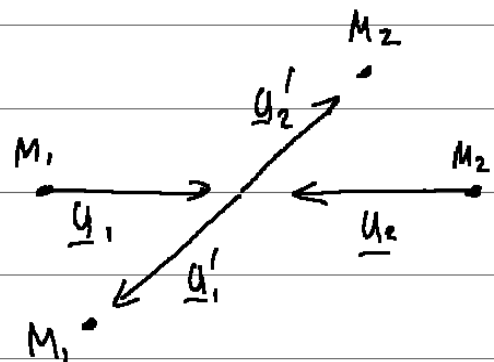
\underline{u}_i : מהירות המרכז המסה

\underline{v}_i : מהירות המערכת המאגזקה.

מערכת המאגזקה



מערכת המסה

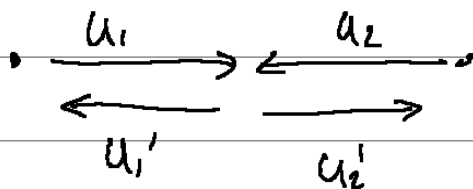


זרימה, תאוצה ארוכה של הקרקע : הקרקע

: הקרקע $v_2 = 0$, הקרקע

$$V_{CM} = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

הקרקע של הקרקע :



$$u_1' = -u_1, \quad u_2' = -u_2$$

הקרקע של הקרקע :

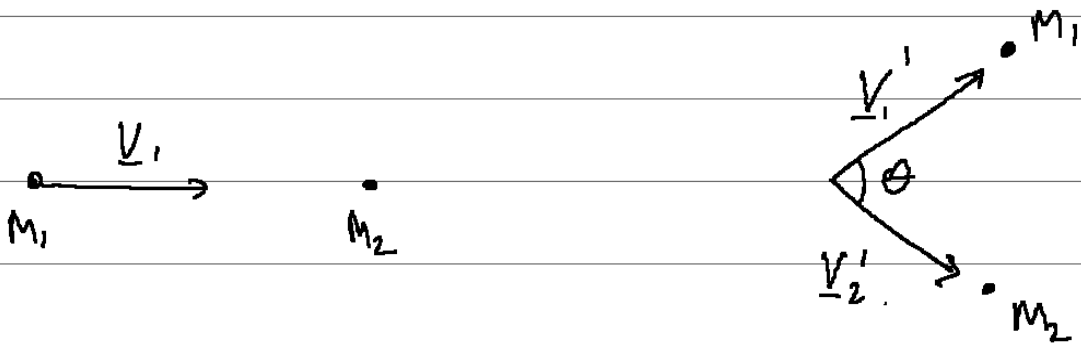
$$v_1 = u_1 + \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}, \quad 0 = u_2 + \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$v_1' = -u_1 + \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}, \quad v_2' = \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2} + \frac{m_1 v_1}{m_1 + m_2}$$

$$\Rightarrow v_1' = \left(\frac{m_1 - m_2}{m_1 + m_2} \right) v_1, \quad v_2' = \frac{2m_1 v_1}{m_1 + m_2} \quad \checkmark$$

8.6. התנגדות אפסית בין גזים

בין גזים יש סוגית של התנגדות:



למשלית באותו מוסך:

$$m_1 \underline{v}_1 = m_1 \underline{v}'_1 + m_2 \underline{v}'_2 \quad (1)$$

$$\frac{1}{2} m_1 |\underline{v}_1|^2 = \frac{1}{2} m_1 |\underline{v}'_1|^2 + \frac{1}{2} m_2 |\underline{v}'_2|^2 \quad (2)$$

צריך להשתמש ב: $\underline{a} \cdot \underline{b} = |\underline{a}| |\underline{b}| \cos \theta_{ab}$

שאלה: מה צדדים ההיכונים הסופיות?

$$m_1^2 |\underline{v}_1|^2 = m_1^2 |\underline{v}'_1|^2 + m_2^2 |\underline{v}'_2|^2 \quad (3)$$

$$+ 2 m_1 m_2 |\underline{v}'_1| |\underline{v}'_2| \cos \theta$$

$$\textcircled{2} \Rightarrow m_1^2 |\underline{v}_1|^2 = m_1^2 |\underline{v}'_1|^2 + m_1 m_2 |\underline{v}'_2|^2$$

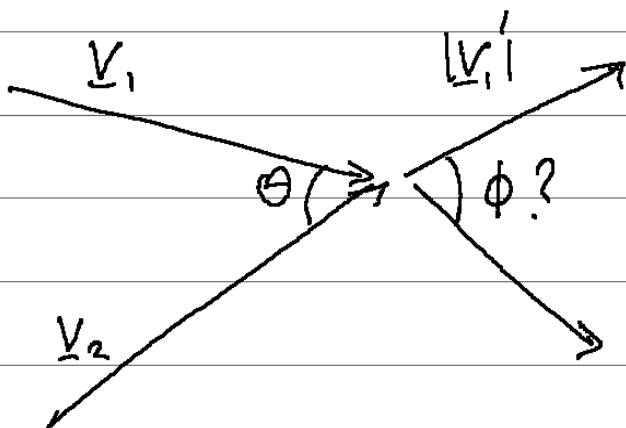
, JK

$$m_1 m_2 |\underline{v}'_2|^2 = m_2^2 |\underline{v}'_2|^2 + 2 m_1 m_2 |\underline{v}'_1| |\underline{v}'_2| \cos \theta$$

$$\Rightarrow |\underline{v}'_2| = \frac{2 m_1 |\underline{v}'_1| \cos \theta}{m_1 - m_2}$$

$$\textcircled{2} \Rightarrow m_1^2 |\underline{v}_1|^2 = |\underline{v}'_1|^2 \left[m_1^2 + \frac{4 m_1^3 m_2 \cos^2 \theta}{(m_1 - m_2)^2} \right]$$

$$\Rightarrow |\underline{v}'_1|^2 = \frac{(m_1 - m_2)^2 |\underline{v}_1|^2}{(m_1 - m_2)^2 + 4 m_1 m_2 \cos^2 \theta}$$



$m_1 = m_2$: התנגשות

התנגשות אלסטית

מה הצויות בין ההתנגשות אלסטית והתנגשות?

①

$$\underline{V}_1 + \underline{V}_2 = \underline{V}_1' + \underline{V}_2' \quad : \text{سواء}$$

②

$$\frac{1}{2} |\underline{V}_1|^2 + \frac{1}{2} |\underline{V}_2|^2 = \frac{1}{2} |\underline{V}_1'|^2 + \frac{1}{2} |\underline{V}_2'|^2 \quad : \text{نصف مربع}$$

① \Rightarrow

$$|\underline{V}_1|^2 + |\underline{V}_2|^2 + 2|\underline{V}_1||\underline{V}_2|\cos\theta$$

$$= |\underline{V}_1'|^2 + |\underline{V}_2'|^2 + 2|\underline{V}_1'||\underline{V}_2'|\cos\phi$$

\Rightarrow

$$\cos\phi = \frac{|\underline{V}_1||\underline{V}_2|\cos\theta}{|\underline{V}_1'||\underline{V}_2'|}$$

$$\underline{|\underline{V}_2'| = \sqrt{|\underline{V}_1|^2 + |\underline{V}_2|^2 - |\underline{V}_1'|^2}} \quad .$$

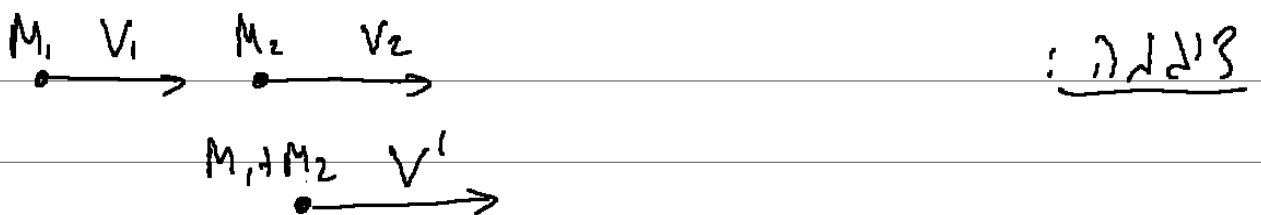
8.7. התנגשויות אי-אלסטיות

בהתנגשות אי-אלסטית חלק מהאנרגיה הקינטית
אבד.

$$k = \sum_i \frac{1}{2} m_i |\underline{v}_i|^2, \quad k' = \sum_j \frac{1}{2} m_j |\underline{v}_j|^2$$

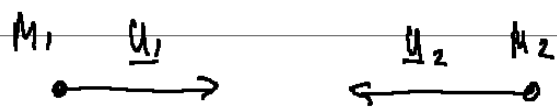
אי-אלסטיות: $k > k'$

זה אומר שאי-אבלו עתתש גלילור אנרגיה.



$$(m_1 + m_2) \underline{v}' = m_1 \underline{v}_1 + m_2 \underline{v}_2.$$

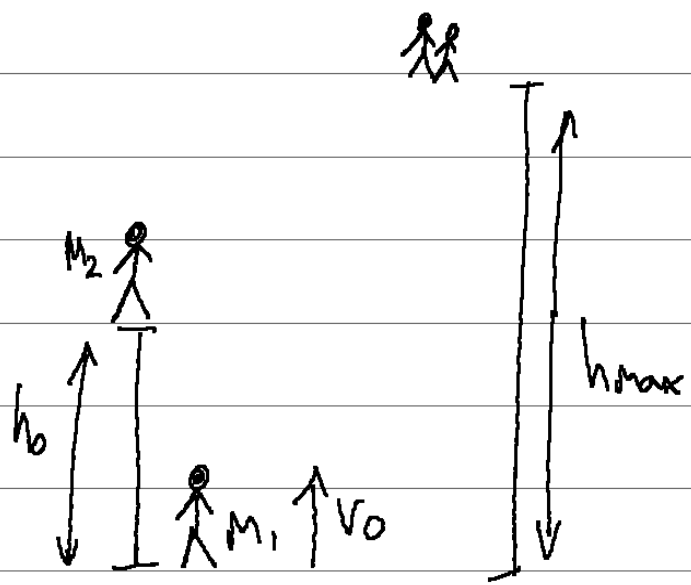
צילמה זאת מהנה את סוד ההתנגשות הכי
האו-אלסטית: כמות האנרגיה הקינטית
שאבדת היא מקסימלית:



מערכת מרכז המסה:

$$m_1, m_2, \quad k'_{cm} = 0.$$

צורה:



אקראי קופץ כלפי מעלה, ותוסס לזמן גבוה h_0 ,
מה גובה המבטאים שלהם ביחד?

מה המהירות ב- h_0 ?

חוק שימור אנרגיה: $\frac{1}{2} M_1 v_0^2 = M_1 h_0 g + \frac{1}{2} M_1 v_{h_0}^2$

$\Rightarrow v_{h_0} = \sqrt{v_0^2 - 2h_0 g}$

שימור תנע:

$M_1 v_{h_0} = (M_1 + M_2) v_{h_0}'$

$\Rightarrow v_{h_0}' = \left(\frac{M_1}{M_1 + M_2} \right) v_{h_0}$

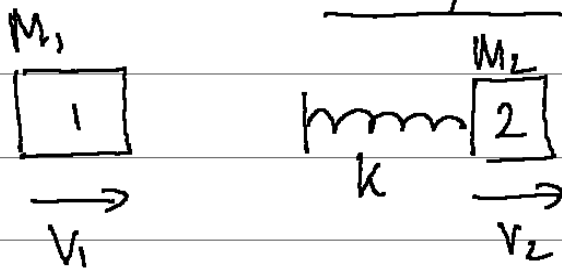
$$\frac{1}{2}(M_1+M_2)(V'_{h_0})^2 + (M_1+M_2)gh_0 \quad \text{: אנרגיה}$$

$$= (M_1+M_2)gh_{\max}$$

$$\Rightarrow h_{\max} = h_0 + \frac{(V'_{h_0})^2}{2g}$$

$$\Rightarrow h_{\max} = h_0 + \frac{1}{2g} \frac{(V_0^2 - 2h_0g)(M_1)^2}{(M_1+M_2)^2}$$

8.8. התנגדות עם קפיץ



מה ההתכוונות האנרגיה של הקפיץ?

שיעור אנרגיה:



כפיון האנרגיה:

$$M_1 v_1 + M_2 v_2 = (M_1 + M_2) v'$$

$$\frac{1}{2} M_1 v_1^2 + \frac{1}{2} M_2 v_2^2 = \frac{1}{2} (M_1 + M_2) (v')^2 + \frac{1}{2} k l^2$$

↑
WW § 1110

$$\Rightarrow v' = \frac{M_1 v_1 + M_2 v_2}{M_1 + M_2}$$

$$k l^2 = M_1 v_1^2 + M_2 v_2^2 - (M_1 + M_2) \left(\frac{M_1 v_1 + M_2 v_2}{M_1 + M_2} \right)^2$$

$$= \left(\frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} \right) (v_1 - v_2)^2$$

$$\Rightarrow l = \sqrt{\frac{1}{k} \left(\frac{M_1 M_2}{M_1 + M_2} \right) (v_1 - v_2)^2}$$