

הרצאה VI - מכניקה

החוק השלישי של ניוטון: גוף A מפעיל כח על גוף B אזי גוף B מחזיר את אותו הכח- בגודל שווה אך בכיוון מנוגד.

ניתן לטעון כי החוק השלישי הוא תוצאה של השתיים האחרים. אם נפעיל כח אופקי על שתי גופים צמודים (m_a, m_b) , נקבל כי גודל

הכח הפועל עליהם הוא $a = \frac{F}{M_a + M_b}$ נניח שדחפנו את A, הכח שפועל על B אינו F אלא נורמל מסויים. ונקבל שגודל הכח החדש

הנורמלי $N_a = \frac{M_b F}{M_a + M_b}$. אם נעשה תרשים כוחות עבור A ונקבל שתאוצתו שווה ל- $F - N_b = \frac{m_a F}{M_a + M_b}$, נחבר בין המשוואות ונקבל כי

בהכרח $N_a = N_b$.

(ביצענו ניסוי בכיתה עם מים, על מנת לראות את החוק השלישי בפעולה- הניסוי היה על מנוע הרון)

דוגמה: שני אסטרונוטים מושכים בחוט. מסות 1 ו-2 מושכים בכוחות 1F ו-2 בהתאמה. מסת החוט היא m_R . מהי התאוצה של כל

אחד מהאסטרונוטים?

פתרון: $\vec{F}_1 = m_1 \ddot{x}_1 \hat{x}$ עבור הראשון. ועבור השני: $\vec{F}_2 = m_2 \ddot{x}_2 \hat{x}$. עבור החוט נקבל $F_1 = -F_2$. $-F_1 - F_2 = m_R a_R \approx 0 \rightarrow F_1 = -F_2$. כי

המסה של החוט זניחה.

דוגמה יותר מורכבת: כח קבוע F פועל על שני גופים שחוט מגשר ביניהם.

פתרון: הכוחות שפועלים על כל גוף הם:

על A: פועל F והחבל.

על החבל: הנגדי של

A ו- B ועל B גם כן זהה.

משוואה עבור B: $m_B \ddot{x}_B \hat{x} = T_b \hat{x}$

משוואה עבור A: $m_a \ddot{x}_a \hat{x} = (F - T_a) \hat{x}$

משוואה עבור החוט: $m_r \ddot{x}_r \hat{x} = (T_a - T_b) \hat{x}$

נניח כי מסת החוט זניחה, ונקבל כי $T_a = T_b$. כעת נקבל שתי משוואות עם שלושה נעלמים, מה שלא ניתן להגיע איתנו לפתרון יחיד. על

מנת להגיע לפתרון יחיד נגביל את אורך החוט לאורך מסויים. נניח כי אורך החוט הוא L. כעת ניתן לרשום כי המרחק בין הגופים שווה

L לז"א $x_2 - x_1 = L$. אם נגזור פעמיים נקבל כי $\ddot{x}_2 - \ddot{x}_1 = 0$ ומאחר והתאוצות שוות, קיבלנו שתי משוואות בשני נעלמים ולכן

קיים פתרון יחיד. נציב, ונקבל כי $a = \frac{F}{m_a + m_b}$. כעת לא נזניח את מסת החוט, ולכן לא בהכרח שהכוחות שווים. נקבל שלוש משוואות

עם חמישה נעלמים. המשוואות החדשות שנקבל הם: $\left\{ \begin{array}{l} m_b a = T_b \\ m_a a = F - T_a \\ m_r a = T_a - T_b \end{array} \right.$ קיבלנו שלוש משוואות בשלושה נעלמים. זה ניתן לפתור

ונקבל כי $a = \frac{F}{m_a + m_b + m_r}$. (הטריק כאן היה להראות שהתאוצה שלהם שווה על ידי הגבלה על אורך החוט וגזירה כפולה). גדלי

הכוחות הם: $T_b = \frac{m_a F}{m_a + m_b + m_r}$, $T_a = \frac{(m_a + m_r) F}{m_a + m_b + m_r}$. חשוב לראות כי המתחיות שונות ושהמתחיות על A גדולה מהמתחיות על B.

אם היה מדובר ברכבת, ככל שהיינו מתרחקים מהכח F המתחיות היתה גדלה.

נפסיק לעת עתה עם התרגילים, ונעבור לדון במשמעות השאלה "מהו כוח?" וננסה להגדירם. אחרי הכל, ללא הבנת המושג כח אין

משמעות לחוקי ניוטון עבורנו.

כח גרביטציה: $\vec{F}_G = G \frac{m_1 m_2}{|R|^2} \hat{R}_{1,2}$ גודל הקבוע הוא $G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{Nm^2}{kg^2}$. כל זה עבור גופים נקודתיים, אבל אם מדובר בגופים

שאינם נקודתיים גם אז ניתן להזניח את צורתם. ועוד, אם הגופים הם כדוריים, ניתן להסתכל על הגוף כאילו כל המסה מרוכזת

במרכזו. ניתן בעזרת נוסחה זו לחשב את g קבוע הנפילה החופשית: $\vec{F}_G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{M \times 6 \times 10^{24}}{(6.4 \times 10^6)^2} = 9.8M = Mg$ זהו קירוב

שמזניחים בו את העובדה שכדור הארץ אינו כדור (אלא פחוס) וגם מזניחים את העובדה שכדור הארץ מסתובב.

הכח החדש שלמדנו עליו יוצר בעיה מסויימת עם ההגדרה הקודמת שלנו של המסה. איינשטיין פתר בעיה זו בדרך יצירתית וטען כי כח

הגרביטציה יוצר עיוותים במרחב, וניסח הגדרה יותר ברורה למסה.