



התייחסות לשאלה מתוך הספר:

"פיסיקה – מכניקה" מאת יורם אשל, מהדורה שלישית, ספטמבר 1989

יוסי פ'ק, כיה"ס אור"ט, כפר-סא

נקבע ע"י הגיאומטריה של המערכת בלבד. ומכיון שמצב המערכת זהה בשני הסעיפים (א' ו-ב') יחס התאוצות בסעיף א' צריך להיות שווה לזה שבסעיף ב'. בדיקה פשוטה בעזרת מחשבון הראתה על סטייה של 9% בערך, ומכאן שנפלה טעות באחד הסעיפים או בשניהם יחד.

3. לאחר דיון איכותי בבעיה ומכיון שלפתרונה המסודר נדרש ידע במתמטיקה שלא עמד לרשותם של חלק מהתלמידים הצעתי להוריד את הבעיה מסדר היום (השעור). הצעתי נדחתה מכיון שברשותו של אחד התלמידים נמצא ספר התשובות מאת המחבר. בפתרון שבספר התשובות מציינים אמנם שהתאוצות אינן שוות אך לא מוזכרים כלל הגורמים הקובעים את גודלן היחסי, או במילים אחרות תאוצה של איזה מן הגופים גדולה יותר. לאחר משאל בזק התברר כי הדעות חלוקות. הקבוצה שתמכה בגיסת ספר התשובות כללה כמובן את בעל הספר עצמו (אם שילם אז חייב להאמין). לטענתם, לא נימק מחבר התשובות, את קביעתו מכיון שהדבר ברור מאליו.

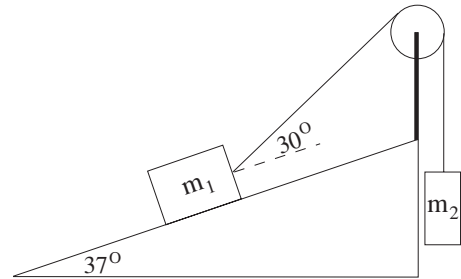
4. לאחר שמיצינו את הדיון עברנו לשלב ההוכחה, לאי תקפותו של הפתרון המוצע בספר התשובות, באמצעים אלמנטריים. ההוכחה התבססה על אי שוויון המשולש.

מהדורה קודמת של ספר זה הופיעה בפברואר 1989, ומזה ניתן ללמוד שהספר ניקלט יפה בשוק. הופעתו של ספר התשובות תרמה אף היא לפופולריות בה זכה הספר בין התלמידים וגם בין חלק לא מבוטל של המורים. אין ספק שרוכשי הספר מצאו בו מעלות רבות, אך בהמשך ברצוני לדון בכמה ממגרעותיו. כל ספר זקוק למעט ביקורת ואין לי ספק שהמחבר ישפר את המהדורה הבאה אם אכן ישתכנע מהטעוים.

להלן תיאור מהלך פיתרון שאלה 34 בפרק 6, בכיתתי:

השאלה

נתונה המערכת המתוארת בתרשים הבא:



תרשים 1

$m_2 = 10 \text{ kg}$; $m_1 = 20 \text{ kg}$ (החוט מספיק ארוך כך שהזווית

של 30° נשארת קבועה).

- מהי תאוצת כל אחד מהגופים אם אין חיכוך?
- מהי תאוצת כל אחד מהגופים אם מקדם החיכוך הקינטי שווה ל-0.1?

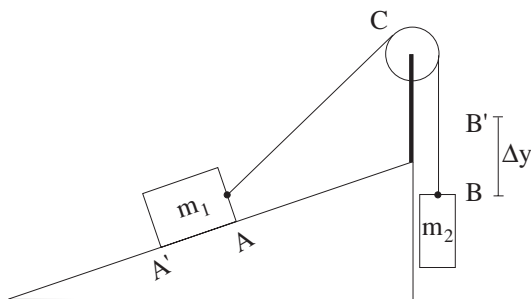
התשובות המופיעות בספר:

א) $a_1 = 1.1 \text{ m/sec}^2$ $a_2 = 1.27 \text{ m/sec}^2$

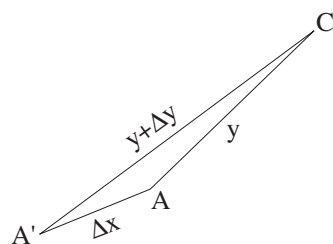
ב) $a_1 = 0.27 \text{ m/sec}^2$ $a_2 = 0.34 \text{ m/sec}^2$

התייחסות לשאלה:

- למרות הניסוח הלקוני של השאלה מופיעה בה הערה מיותרת שגם המחבר לא מצא בה כל שמוש לצורך פתרון הבעיה או לכל צורך אחר. אמנם אורך החוט משפיע על קצב שינוי התאוצות והזווית, אך על התלמיד לחשב את גודלן הרגעי של התאוצות במצב הנתון בציוור ולצורך כך ההערה מיותרת לחלוטין.
- אם נתבונן בעיון בתשובות המובאות בספר נגלה בהן סתירה פנימית. ערכו של מקדם החיכוך משפיע על גודלן של התאוצות, ואילו היחס בין התאוצות של שני הגופים



כאשר m_1 יחליק במורד המישור המשופע לאורך $A'A$ שנסמנו ב- Δx , ינוע m_2 כלפי מעלה מרחק BB' שנסמנו ב- Δy . את אורך החוט AC במצב התחלתי נסמן ב- y . המרחק בין A' ל- C יהיה $y + \Delta y$.



נתבונן במשולש $AA'C$. מאי שיוון המשולש נקבל: $A'A + AC \geq A'C$ או $\Delta x + y \geq y + \Delta y$ ומכאן ש: $\Delta x \geq \Delta y$ כלומר $a_1 \geq a_2$

בעזרת חשבון דיפרנציאלי ניתן להגיע לתשובה כמותית. פשטות ההוכחה שיכנעה את התלמידים, למרות שבעל ספר התשובות איבד מעט מהרגשת הביטחון שהקנה לו ספרו. ניסוי פשוט פיזר את הספקות האחרונים.

5. הטלת ספק בתופעות הבסיסיות ביותר ובדיקתן תחנך את הלומד מדעים בכלל, ופיסיקה בפרט, לראיה ביקורתית ולמוד לשם הבנה. רוב התלמידים מגיעים לתיכון עם

תהודר

להוציא את חוקי ניוטון אל מחוץ לחוק (הטבע)!!!



עזי רופן, המחלקה להוראת המדעים, מכון ויצמן למדע

נציין את גודלו של כוח זה ב- Y . כיוונו חייב להיות שמאלה (כי ערך הביטוי F/M גדול מהתאוצה שהתקבלה על-פי (1)). מקור הכוח הוא הגוף שמסתו m . על פי החוק השני של ניוטון:

$$F - Y = M \frac{F}{M + m}$$

$$(3) \quad Y = \frac{mF}{M + m} \quad \text{לכן:}$$

מ-(2) ו-(3) נובע ששני הכוחות שווים בגודלם. נסכם: הסתמכנו אך ורק על החוק השני ניוטון (בדוק זאת!) והוכחנו שהגופים שמסתיהם m ו- M מפעילים זה על זה כוחות, המנוגדים בכיוונם, ושווים בגודלם! אין ספק שהחוק השלישי של ניוטון מיותר!

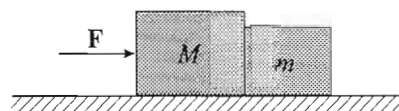
ענה נותר רק לבחון האם החוק השני של ניוטון הוא אכן חוק טבע: החוק השני אינו תקף לגבי גוף נח (ביחס למעבדה) מנקודת ראותו של צופה המואץ ביחס למעבדה, וזאת משום שצופה המואץ ביחס לכדור הארץ אינו מערכת אינרציאלית. מערכת אינרציאלית מוגדרת כמערכת ייחוס בה מתקיים החוק השני. אם כך, החוק השני אינו חוק טבע, אלא הגדרה למערכת אינרציאלית. אינו מתנגד לקבל את החוק השני כהגדרה, אך לבטח לא כחוק טבע!

מתברר אם כן, כי אף אחד משלושת חוקי ניוטון אינו חוק טבע. קוראים התומכים בדעותי, או לפחות בחלק מהם, מתבקשים לכתוב למערכת "תהודה". אם יתברר שיש מספיק תומכים, נפנה לחברינו מורי הפיסיקה בכל רחבי העולם, במטרה לבטל את חוקי ניוטון כחוקי טבע!

נ.ב. גם מכתבים מנומקים של מורים המתנגדים ל"דעתו" יתקבלו בברכה.

תהודר

האם שלושת חוקי ניוטון הם אכן שלושה חוקי טבע? החוק הראשון הוא בברור מקרה פרטי של החוק השני, לכן נוכל ללא היסוסים רבים לוותר עליו (כחוק טבע בסיסי). נרצה שגם החוק השלישי נובע ישירות מהחוק השני: כדי להוכיח בכך, די להתבונן במערכת המתוארת בתרשים, הכוללת שני גופים שמסתיהם M ו- m המונחים על משטח אופקי חסר חיכוך. הגוף שמסתו M נדחף על-ידי כוח אופקי F .



נתייחס תחילה לשני הגופים כאל גוף יחיד שמסתו $M + m$, אשר נדחף באמצעות כוח אופקי שגודלו F . על-פי החוק השני, תאוצתו:

$$(1) \quad a = \frac{F}{M + m}$$

ענה נתבונן בגוף שמסתו m ; על-פי החוק השני, כוח חיכוכי אופקי חייב לפעול על גוף זה, שהרי יש לו תאוצה אופקית. נסמן את גודלו של כוח זה באות X . המקור היחיד לכוח, שאפשר להעלות על הדעת, הוא הגוף שמסתו M . על פי החוק השני, כיוונו של הכוח X הוא ימינה (בכיוון התאוצה). גודלו:

$$(2) \quad X = \frac{mF}{M + m}$$

ענה נתבונן על הגוף שמסתו M : פרט לכוח F חייב לפעול עליו כוח נוסף (אחרת תאוצתו הייתה F/M , בסתירה ל-(1)).