

מבוא לפיסיקה מודרנית – הרצאה II

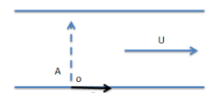
בשיעור הקודם דיברנו על כך שלא ניתן להבחין בין מערכת במנוחה או במהירות קבועה, ולכן ניתן להסיק שהמהירות היא יחסית. מערכת אינרציאלית- מערכת שלא מופעלים עליה כוחות, או מערכת שאינה מואצת.

$$\begin{cases} x' + vt = x \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases} \text{ וע"י הטרנס' קיבלנו כי } \begin{cases} x' = x - vt \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = t \end{cases}$$

בשיעור קודם הגדרנו את טרנספורמצית גלילאו, ורשמנו את המשוואות: למרות שמבחינה אינטואיטיבית הטרנספורמציה נראית לגיטימית והגיונית, אבל אין היא תואמת עם משוואות מקסוול. פרדיי גילה שאם נבצע את הטרנספורמציה של גלילאו על משוואות מקסוול, נראה שיש בעיה. לכן לורנץ פיתח את המשוואות שלו. שתי הנחות שהוא לוקח הן כי קיימת מערכת ייחוס אוניברסלית, ושהיא במנוחה באופן תמידי- שמה היה אתר (הדבר שביחס אליו הכל נמצא בתנועה). הוא הניח שבתוך הזה הגלים האלקטרומגנטיים נעים במהירות האור. עקרון הייחסות של ניוטון, חל על המכניקה, אבל לא על האופטיקה, החשמל והמגנטיות, לכן ניתן לבצע ניסוי שימדדו זאת.

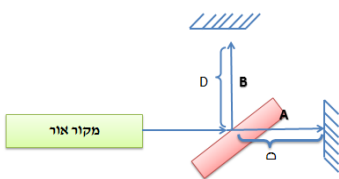
ניסוי מייכלסון מורלי – 1887

חישוב היחס בין מהירות כדור הארץ לאתר- לווקום, זהה לחישוב מהירות זרימת הנהר ביחס לגדות. זוהי אנלוגיה להבנת הבעיה.



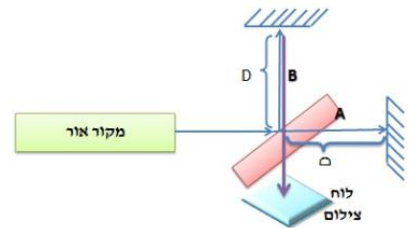
הם הניחו כי מהירות כדה"א ביחס לאתר היא $u \approx 3 \cdot 10^4 \frac{m}{s}$. קיבלו

$$\frac{t_A}{t_B} = \sqrt{1 - \frac{u^2}{v^2}}$$



משמאל מוצגת מערכת הניסוי, כאשר האדום מהווה את החצי מראה, כאשר מהירות כדור הארץ היא בכיוון מקביל ל-A. הרעיון של חצי מראה הוא פיצול קרני האור- בכיוון A ובכיוון B. כל המערכת זזה בצורה אחידה, כך שאין מהירות יחסית בין חלקי המערכת.

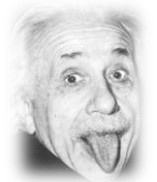
הוסיפו לוח צילום בתחתית המערכת, כמוצג מימין, ועליו הוצגה ההתאבכות, שבעזרה ניתן היה לחשב את הפרשי הזמנים שבין החזרת האור המקורי להחזרה שלו מהמראה העליונה. בעצם האור מתנהג כמו שמוצג משמאל. כך ניתן לחשב בעצם את ההפרש, ועל פיו להוכיח שהמהירות לא קונסיסטנטית עם המערכת.



התוצאה היתה שלא היה הפרש זמנים, ויש כאן דבר מטריד, מאחר וזה לא תואם אם ההנחה שלנו, שיחס הזמנים קיים וחישבנו אותו לפני. לורנץ הציע כי מדובר בחומר שמתכווץ, ולכן הפרש הזמנים קיים, וכך הדבר מתקזז ומתקבלת התוצאה הנסיינית.

כאן אינשטיין נכנס לתמונה.

עקרונות תורת הייחסות של איינשטיין הן:



1. עקרון היחסות- לא ניתן לבצע ניסוי שיבחין בין מערכות אינרציאליות
2. מהירות האור קבועה בכל מערכת, $c' = c$.

בקורס זה נלמד רק על תורת היחסות הפרטית, ולא נדון כלל בכללית.

לכן הטענה היא שהטרנספורמציה תהיה $x' = f(x, t; v), x = f^{-1}(x', t'; -v)$

ע"פ גלילאו, מתקיים $v'_x = v_x - v$. נחבר את זה יחד עם לורנץ ונרשום $x' = \gamma \cdot (x - vt) \rightarrow x = \gamma' \cdot (x' + vt')$. ההנחה של התורה היא שהמהירות קבועה, ועל כן $\gamma = \gamma'$. $x = ct, x' = ct'$ כמו כן אנו מניחים כי $x = ct, x' = ct'$

$$\gamma = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v^2}{c^2}}}$$

ולאחר פיתוח נקבל כי

$$\begin{cases} x' = \gamma(x - vt) \\ y' = y \\ z' = z \\ t' = \gamma \left(t - \frac{v}{c^2} x \right) \end{cases} \text{ וטרנספורמצית לורנץ המתקבלת היא}$$