

מבחן בפיסיקה מודרנית (86-170-01), מועד ב' 2012

משך המבחן: שלוש שעות
חומר עזר: מחברות, דפי תרגיל ומחשבוניים.

(32%) (1)

על כוכב-הלכת קלינגון מותקנות שתי תחנות למעבורת חלל על גבי מגדלים בגובה h מעל פני הקרקע, תחנה מס' 1 ב- $x=0$ ותחנה מס' 2 ב- $x=d$. מעבורת חלל יוצאת מתחנה מס' 1 בזמן $t=0$ ונוסעת במהירות גבוהה u ימינה לכיוון תחנה מס' 2. שעון המעבורת מסונכרן כך שעבור $t=0$ בכוכב קלינגון, $t'=0$ במערכת המעבורת. מנקודת מבט של צופה קלינגוני העומד על קרקע הכוכב, באמצע הדרך של נסיעת המעבורת ($x=d/2$) קופץ ממנה אסטרונאוט, וצונח במהירות קבועה v בכיוון אנכי כלפי מטה.

א. מצאו קשר בין h , d , u ו- v כך שמנקודת מבט של הצופה הקלינגוני, האסטרונאוט מגיע לקרקע סימולטנית עם הגעת המעבורת לתחנה מס' 2.

ב. מצאו ביטויים לזמן הקפיצה של האסטרונאוט (t'_0), זמן הגעת המעבורת לתחנה מס' 2 (t'_1) וזמן ההגעה של האסטרונאוט לקרקע (t'_2), כפי שנמדדו ע"י נוסע במעבורת. מהו הפרש הזמנים שנמדד בין שני האירועים האחרונים?

ג. מצאו ביטוי לווקטור המהירות של האסטרונאוט (\vec{v}') כפי שנמדד ע"י נוסעי המעבורת. העזרו בתוצאה לרכיב האנכי v'_y כדי לחשב את משך זמן הצניחה של האסטרונאוט במערכת המעבורת, והראו שהוא זהה ל- $t'_2 - t'_0$ המתקבל מסעיף ב'.

ד. היעזרו בתוצאות סעיף ג' כדי למצוא ביטוי למרחק האופקי שעבר האסטרונאוט בצניחתו מנקודת מבט של נוסעי המעבורת. הראו שהתוצאה זהה ל- $\Delta x' = x'_2 - x'_0$ כאשר x'_0 (נקודת הקפיצה של האסטרונאוט במערכת המעבורת) ו- x'_2 (מיקום פגיעתו בקרקע) מחושבים ישירות מטרנספורמציות לורנץ.

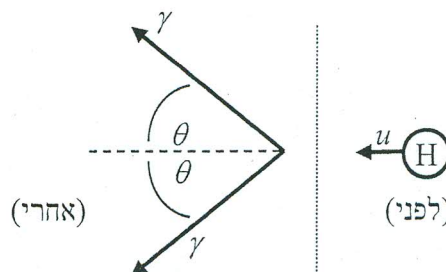
(36%) (2)

מסת המנוחה של הבוזון היגס שהתגלה לאחרונה במאיץ החלקיקים בשווייץ היא $m_H = 126m_p$ (כאשר m_p מסת הפרוטון).

א. חשבו את המהירות המינימלית v שאליה צריך להאיץ פרוטון כך שבהתנגשות חזיתית עם אנטי-פרוטון הנע במהירות $-v$, הם יתאינו ויווצר חלקיק היגס. (בטאו את המהירות v כשבר של מהירות האור, באמצעות הפקטור היחסותי γ).

ב. חזרו על החישוב עבור המקרה בו פרוטון הנע במהירות v פוגע באנטי-פרוטון במצב מנוחה (רמז: עברו למערכת ייחוס שבה מהירות הפרוטון v' ומהירות האנטי-פרוטון $-v'$, כך שניתן לחזור על החישוב מסעיף א'). חשבו את המהירות (u) של חלקיק ההיגס שמתקבל בניסוי זה (ביחס למעבדה).

ג. הבוזון היגס הנוצר בניסוי המתואר בסעיף ב' דועך לשני פוטונים זהים בתדירות f , הנפלטים בזוויות θ ו- $-\theta$ יחסית לציר התנועה של ההיגס כמתואר בציור:



חשבו את f ו- θ עבורם מתקיימים חוקי שימור התנע והאנרגיה בתהליך.

(3) (32%)

אלקטרון מואץ בשפופרת ואקום ממצב מנוחה למהירות גבוהה ע"י הפעלת מתח חשמלי של 10^6 וולט.

א. חשבו את מהירות האלקטרון (מבוטאת כשבר של מהירות האור).

ב. האלקטרון פוגע באלקטרודה המורכבת מאטומים כבדים, שמסתם $M = 100m_p$ כל אחד (m_p מסת הפרוטון). כתוצאה מההתנגשות עם אטום אחד כזה (הנמצא במנוחה לפני ההתנגשות), האלקטרון נעצר ונפלט פוטון בכיוון התנועה המקורי של האלקטרון, כאשר האטום הכבד נרתע ממקומו במהירות u . מצאו את אורך הגל של הפוטון (λ) ואת המהירות u (כאשר ניתן להניח $u \ll c$).

בשאלות 2 ו-3, היעזרו בנתונים הבאים: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$, $m_e = 0.91 \cdot 10^{-30} \text{ Kg}$

$$h = 6.625 \cdot 10^{-34} \text{ J} \times \text{sec}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}, \quad e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

*** לידיעתכם: הצטברות משמעותית של אירועים כמתואר בשאלה 2 סעיף ג' (דעיכת היגס לזוג של פוטונים) היא שהובילה להכרזה על גילוי החלקיק ב-4 ביולי השנה! בניסוי האמיתי, נמדדו האנרגיות וכיווני התנועה של הפוטונים שנקלטו בגלאים ומהם חולצה מסת החלקיק, בחישוב דומה לשאלה שפתרתם. ☺

בהצלחה!