

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

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

(1) (32%)

צופים על פני כדור-הארץ רואים חללית מכוכב זר מופיעה באטמוספירה בזמן $t = 0$, בגובה h מעל הנקודה $x = 0$, כאשר היא נעה במהירות u קרובה למהירות האור במקביל לציר x , בכיוון ימינה. שעון החללית מסונכרן כך שעבור $t = 0$ בכדור-הארץ, $t' = 0$ במערכת החללית. ב- $t_0 > 0$ עפ"י שעון כדור-הארץ, נשלח טיל מכן שיגור הנמצא ב- $x = d$ כאשר ביחס לכדור-הארץ הוא נע במהירות קבועה בכיוון אנכי כלפי מעלה.

א. מנקודת מבט של צופה בכדור-הארץ, מה צריכה להיות מהירות הטיל v כך שהוא יפגע בחללית? (הניחו שניתן להזניח את גודל הטיל והחללית ביחס למרחקים).

ב. מצאו ביטויים לזמן השיגור של הטיל (t'_0) ולזמן הפגיעה שלו בחללית (t') כפי שנמדדו ע"י נוסעי החללית.

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

ד. מצאו קשר בין t_0 , u ו- d כך שמאורעות שיגור הטיל והופעת החללית באטמוספירה נראים סימולטניים לנוסעי החללית.

(2) (36%)

במאיץ חלקיקים, פרוטון מואץ ממצב מנוחה למהירות גבוהה ע"י מתח חשמלי של GV (10^9 וולט).

א. חשבו את מהירות הפרוטון v (מבוטאת כשבר של מהירות האור).

ב. הפרוטון פוגע בגלאי, ומתנגש חזיתית באנטי-פרוטון הנע במהירות $-v$, בנוכחות אטום כבד ניח שהמסה שלו $M = 100m_p$ (מסת הפרוטון). כתוצאה מההתנגשות, הפרוטון והאנטי-פרוטון מחסלים זה את זה ונפלט פוטון, כאשר האטום הכבד נרתע ממקומו במהירות u . מצאו את תדירות הפוטון f ואת המהירות u (כאשר ניתן להניח מראש $u \ll c$).

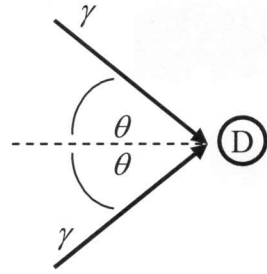
ג. חיזרו על החישוב של f ו- u עבור המקרה שבו האנטי-פרוטון נמצא במנוחה (ביחס למעבדה) לפני ההתנגשות. – רמז: עברו למערכת ייחוס שבה מהירות הפרוטון v' ומהירות האנטי-פרוטון $-v'$, כך שניתן לחזור על החישוב מסעיף ב'.

היעזרו בנתונים הבאים: $m_p = 1.67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$, $e = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

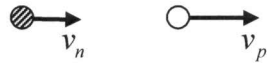
$$h = 6.625 \cdot 10^{-34} \text{ J} \times \text{sec}, \quad c = 3 \cdot 10^8 \frac{\text{m}}{\text{sec}}$$

(3) (32%)

שני פוטונים זהים פוגעים בגרעין ניח של דאוטריום (איזוטופ של מימן המורכב מפרוטון וניטרון) בזוויות θ ו- $-\theta$ כמתואר בציור:



כתוצאה מבליעת הפוטונים, הגרעין מתפרק לניטרון ופרוטון הנעים במהירות $v_n = 0.8c$ ו- $v_p = 0.9c$ בהתאמה:



- מצאו את הזווית θ עבורה מתקיימים חוקי שימור התנע והאנרגיה בתהליך.
- חשבו את אורך הגל של הפוטונים.

היעזרו בנתונים הבאים: $m_p = 1.6724 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$, $m_n = 1.6747 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$,
 $m_D = 3.3434 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$

בהצלחה!