

שיגור לוויין – שיקולים של כיוון

באיזה כיוון יש לשגר טיל שנושא עמו לוויין? לכאורה ברור שכדאי לשגר כלפי מעלה מפני שאנו מעוניינים להתרחק מן הארץ ולעבור את המרחק הקצר ביותר באטמוספירה. ובכל זאת, כיוון שהארץ סובבת על צירה, המשגר עצמו נע ומעניק לטיל מהירות התחלתית בכיוון מסוים, אם כך, כדאי לשגר את הטיל בכיוון הזה כדי שמהירותו תצטרף למהירות המשגר. בעניין הזה אנו מבקשים לדון בכיתה בשיטה של למידת עמיתים תוך כדי שאנו מבקשים להתמודד עם סדרה של עניינים מהותיים שבדיון רגיל עלולים ללכת לאיבוד, מפני שהתלמידים אינם מצליחים לעבד אותם כראוי.

נציג, אפוא, את מהלך השיעור, ונוסיף הערות על ההיבטים המדעיים והדידקטיים. נשתמש במצגת שאנו מעמידים לרשות המורה לצורך ניהול השיעור.

מצגת מוערת

התבוננו בשיגור של רקטה נושאת עמה לוויין.

<http://www.youtube.com/watch?v=dR85SI1HQc>

הרקטה משוגרת אנכית, אך עוברת בהדרגה למסלול אופקי. מתברר שכך קורה בכל שיגור מפני הארץ. מה היתרון במסלול האופקי? האם איננו מעוניינים לצאת מן האטמוספירה מהר ככל האפשר? הבה נבחן את הדברים.

תפקיד הסרטון הוא לעורר את התהייה מדוע מעבירים את הרקטה למסלול אופקי. בעקבות זה אפשר להתחיל בסדרת השאלות הרב ברירתיות. שימו לב, המסך הזה מיועדת להצגת השאלה, אך לא להשיב עליה. את התשובה נבנה בהדרגה במצגות הבאות. דיון מקדים בשאלה במליאת הכיתה, בשלב זה, ימחק את היתרונות שיש בלמידת עמיתים.

1. הסיבה למעבר למסלול אופקי היא:

- א. קשה יותר לנוע אנכית בגלל כוח הכובד.
- ב. התנועה כלפי מעלה, עד ליציאה מן האטמוספירה, צורכת יותר אנרגיה במסלול האנכי.
- ג. תחנת השיגור נמצאת בתנועה אופקית ביחס לארץ.
- ד. בגלל הסיבוב של הארץ על צירה, גם תחנת השיגור נמצאת בתנועה, ואנו מבקשים לנצל את המהירות שלה.

תשובה א שגויה, מפני שכוח הכובד מושך כלפי מטה באותה מידה גוף שנע אופקית וגוף שנע אנכית. תשובה ב שגויה, מפני שדווקא המסלול האופקי עובר דרך ארוכה יותר דרך האטמוספירה, והדבר מחייב השקעת אנרגיה גדולה יותר כדי להתגבר על התנגדות האוויר. תשובה ג שגויה, מפני שתחנת השיגור צמודה לפני הארץ.

תשובה ד נכונה. כאשר הארץ נעה על צירה, כל נקודה על פניה נעה במהירות גדולה (כדאי לחשב את המהירות זו על קו המשווה). שיגור טיל דומה לשיגור של פגז מתותח שנע במהירות גדולה. אם השיגור נעשה בכיוון של תנועת פני הארץ (שהיא אופקית), יתקבל סכום המהירויות הגדול ביותר.

2. הדרך היעילה ביותר היא לשגר את הטיל:

- א. מערבה
- ב. מזרחה
- ג. צפונה
- ד. דרומה

התשובה הנכונה היא ב. השמש הנעה נראית לנו כנעה בשמים מערבה (ממזרח למערב). אם השמש נעה מערבה ביחס אלינו, אנו (ותחנת השיגור) נעים מזרחה (בהנחה שהשמש אינה נעה). כדי שהמהירויות של הארץ ושל הרקטה יצטרפו במידה מרבית, עלינו לשגר את הרקטה מזרחה.¹

בחירה בתשובה א עשויה להעיד על כך שהתלמידים מבינים כי מדובר בציר מזרח-מערב, אך אינם מצליחים להבין את תנועת השמש או את תנועת פני הארץ ביחס לשמש.

3. מחשש לתאונות הציע תלמיד לשגר את הטיל מן הקוטב הצפוני מפני שהאזור ריק. לאיזה כיוון יש לשגר את הטיל?

- א. מזרחה
- ב. דרומה
- ג. אין יתרון לשום כיוון שיגור.
- ד. אף אחת מן התשובות הקודמות אינה נכונה.

הקטבים הם שתי הנקודות היחידות על פני הארץ שאינן משתתפות בתנועת הארץ על צירה. בנקודות אלה אין מזרח ומערב. כל כיווני השיגור בקוטב הצפוני הם שקולים, ואין יתרון לשום כיוון שיגור. אם כך, תשובה ג היא הנכונה.

¹ טיל הוא רקטה עם מנגנון הנחיה. כדי להוציא לוויין לחלל עלינו לשגר באמצעות טיל.

4. כאשר NASA משגרת טיל נושא לוויין ומעוניינת לא לפגוע באזור מיושב במקרה של תקלה, השיגור נעשה לעבר הים. לכיוון איזה ים כדאי לשגר אם השיגור נעשה מארצות הברית?

- א. הים הקריבי
- ב. האוקיינוס האטלנטי
- ג. האוקיינוס השקט
- ד. ים הקרח הצפוני

מדובר כאן באוריינות גיאוגרפית ובמידענות. יש לשגר את הרקטה מזרחה, והאוקיינוס האטלנטי הוא היחיד מבין האפשרויות שנמצא ממזרח לארצות הברית (תשובה ב). ייתכן שהתלמידים יצטרכו לחפש מקורות מידע לעובדות הגיאוגרפיות (אטלס, מחשב או סמארטפון).

5. משיקולים של בטיחות וביטחון ישראל אין לישראל עניין לשגר טילים נושאי לוויינים מזרחה. כיצד הדבר משפיע על תכנית החלל הישראלית?

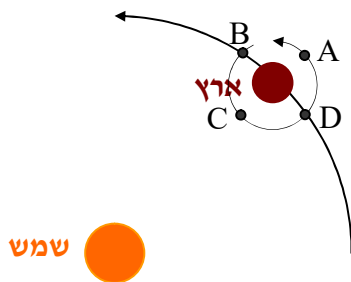
- א. ישראל אינה משגרת לוויינים משטחה.
- ב. ישראל משגרת טילים בשעות הלילה.
- ג. מחוסר ברירה הטיילים משוגרים מזרחה.
- ד. ישראל מתמחה בלוויינים שהמסה שלהם קטנה.

השיגור ממדינה אחרת (תשובה א) הוא אפשרי. מדינות רבות עושות כך. גם ישראל עושה כך, לעתים, אך כשמדובר בשיקולי ביטחון עדיף לשגר מכאן. התקשורת מדווחת על שיקולים שנעשים מכאן.

תשובה ב שגויה. השיקול בדבר השיגור מזרחה תקף לכל שעות היממה, ואין הבדל בין יום ללילה. מה שעשוי לבלבל כאן הוא שאכן בלילה כיוון התנועה של נקודה על פני הארץ ביחס לתנועת מרכז הארץ סביב השמש הפוך מן הכיוון ביום.

שיקולי הבטיחות והביטחון מכריעים במקרה זה, ולכן תשובה ג שגויה. גם זה כבר עלה בתקשורת.

6. כאשר משגרים חללית למרחקים גדולים מן הארץ, היא נעה תחילה סביב הארץ, ואז מפעילים רקטה שגורמת להפעלת כוח נוסף קדימה כדי להרחיק את החללית יותר. היכן יש להפעיל את הרקטה הזאת?



- א. בנקודה A
- ב. בנקודה B
- ג. בנקודה C
- ד. בנקודה D

תשובה ד נכונה. כאשר משגרים מערבה, יש צורך לספק כמויות אנרגיה גדולות. כדי לקזז את התופעה, אפשר לשגר לוויינים בעלי מסה קטנה, שנדרשת פחות אנרגיה כדי להביאם למרחק גדול מן הארץ ולהכניסם למסלול. ישראל מתמחה בלוויינים קטנים (אפילו זעירים).

הארץ אינה נעה רק סביב צירה. הארץ נעה במסלול סביב השמש. אם אנו מעוניינים לשגר לוויין למרחבי מערכת השמש, כדאי שנצל את המהירות העצומה שיש לארץ סביב השמש (כדאי לחשב אותה בכיתה). כדי להשיג צירוף מרבי של מהירויות, על הרקטה לעזוב את המסלול שלה סביב הארץ בכיוון זהה לכיוון תנועת הארץ סביב השמש. זה מתרחש רק בנקודה A (תשובה א).

בכתובת שלפנינו יש התייחסות לעניין שאנו עוסקים בו, כולל סרטון של שיגור והנפשה (אנימציה) של מסלול הלוויין בשלבי השיגור עד עזיבתו את המסלול הזמני סביב הארץ:

<http://spaceplace.nasa.gov/launch-windows/>