



על האולימפיאדה הבינלאומית לפיסיקה לנוער

ד"ר סלע, מפקח מרכזי על הוראת הפיסיקה, אשר החינך והתרכזת

הרקע לנסיעה

בין התאריכים 10-18 ליוני 1993 התקיימה בווייליאמסבורג, וירג'יניה, ארה"ב האולימפיאדה הבינלאומית לפיסיקה. האולימפיאדה מיועדת לבני נוער הלומדים במסגרות חינוך טרום אקדמיות, אשר גילם אינו עולה על 20 (צעיר המשתתפים השנה היה נער אוסטרלי בן 11, אשר אף זכה באחת המדליות בתחרות). כל מדינה משתתפת שולחת נבחרת בת 5 מתחרים ושני מלווים (שהם אנשי אקדמיה, מורים או נציגי משרד החינוך). האולימפיאדות לפיסיקה מתקיימות מאז 1967, בדרך כלל אחת לשנה. עם הצלחת האולימפיאדות הארציות שנערכו אצלנו ב-3 השנים האחרונות החלטנו לפעול להכנת נבחרת שלנו על מנת להשתתף לראשונה באולימפיאדה ה-25 שתתקיים ביולי 1994 בסין. אחד התנאים להצטרפות מדינה חדשה לאולימפיאדה הוא השתתפות נציגי המדינה הזו כמשקיפים באחת האולימפיאדות הקודמות, על מנת שיכירו את הנהלים, המסגרות ודרך הכנת השאלות והערכתן. (תנאי נוסף הוא הסכמה עקרונית לארח את אחת האולימפיאדות הבאות, אם כי מקומות האירוח אושרו כבר לבקשת מדינות שונות עד לראשית המאה הבאה).

זהו הרקע לנסיעתי האחרונה לארה"ב, על מנת להשתתף כמשקיף באולימפיאדה הבינ"ל ה-24 לפיסיקה לנוער. להלן היבטים והתרחשויות בנושאים שונים במהלך התחרות. הסברים אלו עשויים לעזור לנו בהכנה ובארגון של נבחרת שתוכל לייצג אותנו בכבוד בקיץ הקרוב ובעתיד הרחוק יותר.

מבנה האולימפיאדה ומהלכה

התחרות כוללת שני ימי התמודדות של הנבחרים. באחד הימים הם מתמודדים במשך חמש שעות בשאלון עיוני, המכיל שלוש שאלות, ואילו ביום אחר היה על הנבחרים להתמודד עם שתי בעיות מעשיות, בעזרת מערכות ציוד שהועמדו לרשותם וגם זה במשך חמש שעות. כל הבעיות שקולות ומאפשרות לזכות עד 10 נקודות לבעיה, על פי מפתח מפורט הנמצא בידי המעריכים.

הכנת השאלות לנבחרים היא באחריות המדינה המארחת, אם כי אישורן הסופי נעשה בהצבעה גלויה ביום שלפני התחרות ובפורום המורכב מנציגי כל המדינות המשתתפות (כפי שיתואר בהמשך).

הנבחרים מקבלים את השאלות בשפתם כך שמשימת התרגום מוטלת על המלווים בלילה שבין אישור השאלות במליאה, לבוקר יום הבחינה עצמו.

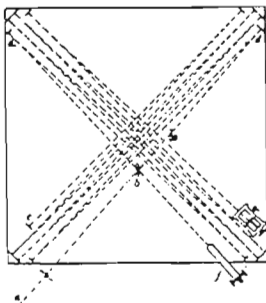
למניעת הדלפת מידע הופרדו המתחרים מהמלווים החל מרגע בואם למקום התחרות ועד לסיום ההתמודדות. הנבחרות שוכנו במעונות הסטודנטים בקמפוס האוניברסיטה בה נערכה התחרות, בעוד שהמלווים לנו במלון סמוך לקמפוס.

בלילות הקריטיים, של תרגום השאלונים לאחר אישורן, נתבקשו המלווים שלא לעזוב את שערי המלון עד למחרת בבוקר, מועד תחילת ההתמודדות.

לכל נבחרת בת חמישה מתחרים הוצמד מדריך, בדרך כלל סטודנט השולט בשפת האם של הקבוצה, והוא ליווה אותם הן בטיולים ובפעילות החברתית והן בימי התחרויות עצמם (כולל לינה ואכילה משותפים).

סמל האולימפיאדה

לכל אולימפיאדה סמל משלה אותו מציעה הארץ המארחת.



איור 1

הלוגו של אולימפיאדה זו (ראה איור 1) הינו רפרודוקציה של תרשים האינטרפרומטר של מיכלסון כפי שפורסם בשנת

1887 ב-American Journal of Science, במסגרת מאמרם ההיסטורי של מיכלסון ומורלי "על תנועתם היחסית של האדמה והאתר" בו דווחו על כישלונם בגילוי תנועת האדמה דרך האתר. "כישלון" זה היה כידוע, אחד הגורמים שסייעו לאינשטיין בשנת 1905 בהצדקת תורת היחסות הפרטית שלו.

מיכלסון היה האמריקני הראשון שזכה בפרס נובל לפיסיקה ולפיכך החליטה ארה"ב להנציח אותו בסמל האולימפיאדה לפיסיקה אותה ארחה השנה לראשונה.

תהליך אישור השאלות

מושב המליאה, המורכבת ממלווי הקבוצות של כל המדינות המשתתפות בתחרות, הוא הפורום המאשר בהצבעה גלויה את השאלות. למשקיפים מותר להיות נוכחים במושב זה אולם אין להם זכות הצבעה. בתחילת המושב מחולק נוסח השאלות כפי שהוצעו על ידי הצוות המפתח, שהחל את עבודתו חודשים רבים לפני תחילת האולימפיאדה.

מתוך החשש כי אחת או יותר מהשאלות ידחו בהצבעה, על הצוות המפתח להכין גם שאלות רזרביות, (אם כי באולימפיאדה הנוכחית לא נדרשו אליהן).

כל שאלה בתורה, מוקרנת על מסך ענק המחובר למחשב המאפשר שינויים ותיקונים מידיים בעזרת מעבד התמלילים. נציג הצוות המפתח מסביר את הרקע לשאלה, את כוונות המחברים בסעיפים השונים ואת מודל הפתרון עם מפתח נקודות מדוייק. לאחר הצגת המפתחים נפתח דיון בשאלה: מציעים שינויים בנוסח, הדגשים שונים, מבקשים לקצר בסעיפים, לשנות מפתח ניקוד וכו', וכל זה מתבצע באופן סימולטני בנוסח השאלה. לאחר שמוצו כל התיקונים נערכת הצבעה על הנוסח הסופי ואם ההצעה מתקבלת מוצא הנוסח המאושר מהמדפסת ומופץ בין הנוכחים לשם תרגומו לשפות השונות ואז עוברים לשאלה הבאה.

בסיום אישור השאלות העיוניות מסתיים המושב הראשון של המליאה במחיאיות כפיים לצוות הפיתוח.

אישור השאלות הניסיוניות נעשה במושב נפרד ובתהליך דומה, אלא ששם מוצגת גם מערכת הניסוי בפני הנוכחים. ישנה אפשרות לבקר גם אותה, תוך התייחסות לרכיביה השונים ולתיאורם בגוף השאלה. כמו כן ישנה התייחסות מעמיקה למשך הזמן הנדרש לביצוע הניסוי. באחת משתי שאלות הניסוי בתחרות האחרונה, בוטל אחד הסעיפים מתוך חשש של רבים כי לביצוע מלא של הניסוי נדרש זמן רב יותר מזה המוקצב בתחרות (שעתיים וחצי לכל משימה).

כמו כן צומצם באופן דרסטי תיאור דרך פעולתו של אחד ממכשירי המדידה מתוך הטענה כי תיאור מפורט רק מקשה על הנבחנים בכך שהוא גוזל מהם זמן מיותר בקריאתו. די אם יבקשו מהם לפני השימוש לעמוד על דרך פעולתו של המכשיר על ידי הפעלת הלחצנים השונים שלו.

לרשות המלווים השונים הועמד (בסיוע חברת I.B.M.) חדר מחשבים ובו האמצעים הנדרשים לתרגום ולהדפסת השאלונים בשפות השונות. (למעט מעבד תמלילים מתאים שכל מלווה נדרש להגיע אתו). כמו כן ניתנה הדרכה בשימוש במחשב לכל מי שנוקק.

תרגום השאלות והדפסתן בשפות השונות נעשו תמיד בלילה שבין אישורן לבין תחילת ההתמודדות בין הנבחנים.

הפעילות החברתית במהלך התחרות

במהלך שמונת ימי האולימפיאדה זכו הן המתחרים והן המלווים (בקבוצות נפרדות) לפעילויות חברתיות מגוונות. במהלך היוםיים הראשונים יועדו הפעילויות בעיקר לצעירים כי המלווים היו עסוקים בדיונים על אישור השאלות. לעומת זאת בימי המבחנים עצמם זכו בעיקר המלווים בסיוורים ופעילויות החברתיות.

לאחר סיום התחרויות, בשלב בדיקת ההישגים, נעשו מספר פעילויות משותפות לנבחנים ולמלווים.

להלן כמה מהפעילויות והאירועים החברתיים:

1. טקסי פתיחה וסיום מרשימים (מצעד דגלים, קטעים תזמורתיים, דברים מפי חתני פרסי נובל לפיסיקה, חלוקת מדליות).

2. ערב הדגמות בפיסיקה, ע"י מומחים מן השורה הראשונה ובעזרת אמצעים מרשימים, תוך סיוע של המתנדבים מקרב התלמידים וראשי המשלחות.

3. סיור רגלי בויליאמסבורג הקולוניאלית (רובע משוחזר בדיוק כפי שנראה לפני שלוש מאות שנה, על בנייניו חנויותיו ובתי המרזח שבו כולל תלבושות מקוריות). במהלך הסיור ניתן להשתתף באירועים שונים, כדוגמת קורס "טירונות" מזורז "לחיילי" הצבא הקולוניאל שיערך במעין מחנה צבאי כאשר את הרובים מחליפים מקלות וטקס הסיום כולל ירי בתותח מהימים ההם.

4. ביקור ב-Bush Garden, גן הרפתקאות ובו שלל מתקנים באוויר ביבשה ובים. מעין לונה פרק ענקי.

התלמידים, יחד עם ההנאה, קבלו גם חוברת תרגילים בה תרגמו את שפת המיתקנים ללשון הפיסיקה, לדוגמה,

ברכבת הנעה במהירות במסלולים עקומים שונים התבקשו למדוד ולחשב מהירויות בנקודות שונות, עם ובלי חיכוך תוך כדי אימות חוקי התנועה במעגל אנכי.

5. ביקור ב-CEBAF

(Continuous Electron Beam Accelerator Facility)

זהו אחד ממאיצי החלקיקים הגדולים בעולם למטרות מחקריות. נבנה כפרוייקט לאומי המנוהל ע"י איגוד משותף של 40 האוניברסיטאות בדרום מזרח ארה"ב. אמנם עדיין לא נסתיימה בנייתו והניסויים הראשוניים ייעשו בו רק ב-1994 אולם כבר עתה נעשית סביבו פעילות עניפה בתחום החינוך המדעי ברמת בית הספר התיכון (סיורים כיתתיים, פרויקטים אישיים, חוגי העשרה ועוד).

6. סיור באחד ממרכזי המחקר של NASA ובו מנהרת האוויר הגדולה ביותר בארה"ב, לביצוע ניסויים שונים בדגמי מטוסים אזרחיים וצבאיים, תוך כדי תהליך פיתוחם או למטרות שיפור ביצועיהם.

7. בין שאר הפעילויות חשוב לציין גם את הופעתו של **עיתון ידיעות יומי בשם Chaos** המוקדש לאולימפיאדה. עיתון זה הכיל נושאים שונים: החל ממידע על פיסיקאים ידועים שגרו באיזור, דרך תגובות נבחנים על האירועים, קריקטורות פיסיקליות וכלה בתחזיות מזג האוויר לימי התחרות.

תוצאות האולימפיאדה וקביעת הזוכים

כפי שנאמר קודם, על המשתתפים להתמודד עם שלוש בעיות עיוניות ושתיים נסיוניות. לכל בעיה ניקוד מקסימלי של 10 נקודות, כך שהמקסימום אותו ניתן להשיג הוא 50 נקודות.

מאחר והמתחרים עונים על השאלות בשפת ארצם מסתמכת ההערכה הראשונה של הצוות הבודק בראש ובראשונה על הפתרון המתמטי ולא המילולי של הבעיות. בבעיות הנסיוניות באות כמובן לידי ביטוי תוצאות הניסוי, העיבוד הגרפי שלהן והערכת השגיאות.

לעזרת הצוות הבודק עומדים מלווי הקבוצות המסייעים בתרגום לאנגלית של החלק העיוני בפתרון. מהלך זה נעשה בעיקרו לאחר שבוצעה הערכה ראשונה, והמחברות עם הניקוד המשוער, מוחזרות לראשי הקבוצות. הם עוברים על פתרונות חניכיהם בהתאם למפתח שעומד לרשותם, תוך כדי הבאה בחשבון גם של המרכיב המילולי בפתרון.

הניקוד הסופי של כל משתתף נקבע לאחר בדיקת תשובותיו הכתובות ודיון משותף של צוות הבודקים וראשי המשלחת של המתחרה. בדיון נידונות השגותיהם על ההערכה הראשונית של הבודקים, ולאחר שמסתיים שלב זה מדורגים הנבחנים על פי הישגיהם. כל מי שנמצא בתחום של 10% **להישג** הממוצע של שלושת הראשונים זוכה במדליית זהב. שיטה זו, בה מספר המדליות אינו קבוע מראש, מאפשרת לתגמל כל אחד על פי הישגיו האישיים מבלי להתייחס למספר אלו שלהם הישגים טובים ממנו.

הישגיהם של שלושת הראשונים באולימפיאדה הנוכחית היו בין 40 ל-41 נקודות מתוך 50. לפיכך כל המתחרים שהשיגו מעל 36 נקודות זכו במדלית זהב ובסה"כ חולקו 17 מדליות זהב. כל אלו שקבלו ניקוד הנמוך מהממוצע של שלושת הראשונים עד 22% קבלו מדליית כסף, ועד 35% קבלו מדליית ארד. אלו שזכו ב-50% לפחות מהניקוד הממוצע של שלושת הראשונים זכו בציון לשבח (פירוש הדבר שכל אלו שהשיגו למעלה מ-20 נקודות מתוך ה-50 האפשריות קבלו מדליה או ציון לשבח).

בהתייחס למדינות שהשתתפו, אזי בשלושת המקומות הראשונים זכו גרמני ושני סינים, שאר 14 מדליות הזהב התחלקו לנבחנים מהארצות:

הונגריה (3), רוסיה (3), רומניה (2), צ'כיה (2), אנגליה, ארה"ב תורכיה ואוקראינה. גם בין מקבלי שאר המדליות, בולט מספרם הרב של המתחרים מארצות מזרח אירופה, שם מוסד האולימפיאדה התחרותית מעוגן זה שנים רבות במערכת הוראת המדעים.

סיכום ולקחים

את החוויה המעניינת שעברתי כמשקיף ניתן לחלק לשניים: מבט על כל הקשור במבנה האולימפיאדה עצמה, ומסקנות ביחס לתהליך הכנת נבחרת משלנו לתחרות כזו.

לגבי האולימפיאדה בויליאמסבורג הרשים במיוחד הארגון המוצלח של כל האירועים: החל בביצוע התחרות וכלה באירוח המשלחות, ובהתייחסות לצרכים השונים (החל מארוחות מגוונות, המשך באירועים החברתיים שליוו את התחרות וכלה בסידורי ההסעות אל נמלי התעופה השונים). לוח הזמנים פעל בצורה מופתית. הסיבה טמונה בכך שלביצוע נרתמו לא מעט מראשי ארגון מורי הפיסיקה, נציגי האוניברסיטה המארחת ועד לחתני פרס נובל בפיסיקה. צוות מחברי השאלות וכן צוות הטיפול במערכות הציוד והלוגיסטיקה החלו בעבודתם כחצי שנה לפני התחרות.

סיוע של חברות מסחריות ומדעיות רבות תרמו לאפשרות העמידה במשימה (נדרשו למעלה ממאה מערכות ציוד שלמות על מנת לאפשר ליותר מ-200 נבחנים לבצע את המשימות, בשני מחזורים). תקינותן של כל מערכות הציוד נבדקה בעוד מועד וכאשר היו הבדלים בביצוע של רכיבים שונים כדוגמת מגנטים, סומן כל רכיב במספר אותו נדרש הנבחן לציין בצד תוצאות הניסוי שקיבל. כך נתאפשרה הערכת עבודתו בהתחשב גם במערכת האישית שלו.

הסיוע הטכני למלווי הקבוצות פעל ללא דופי. המדריכים הצמודים למתחרים איפשרו למלוויים להתנתק מבעיות אישיות של חניכיהם, ולהקדיש זמנם לתרגום השאלות (כולל השלמת הכשרתם בשימוש במערכות המיחשוב שהועמדו לרשותם) ולניתוח תשובות הנבחנים תוך משא ומתן עם המעריכים למטרת ציון מדויק יותר של הישגיהם. השימוש בטכנולוגיה מתקדמת, כמו התיקון הסימולטני של השאלות במהלך ישיבות המליאה, בהתאם להערות המתדיינים, מנע טעויות בהדפסה של השאלות לאחר אישורן.

לא לחינם זכו המארגנים לתשואות רמות במעמד הסיום של האירוע המרשים. באשר להשלכות אולימפיאדה זו על הכנת נבחרתנו חשוב

להביא בחשבון כי **התחרות אינה קבוצתית אלא אישית**. רמת התחרות נקבעת על פי הישגיהם של הטובים ביותר אולם הישגים אלו אינם מונעים מרבים אחרים לחזור עם מדליות לארצותיהם, מה גם שהצלחתו של האחד אינה דוחקת את חברו לאחור.

רמת השאלות היא גבוהה ביותר, כזו שאין אנו רגילים לה, לא בתחרויות שלנו ולא בבחינות הבגרות. אמנם מרבית השאלות אינן חורגות מתכני הלימוד הנהוגים אצלנו, אולם את עיקר המאמץ עם טובי תלמידנו עלינו לעשות בהכנתם לרמת השאלות הנהוגה באולימפיאדה. יש להשקיע הן בשיפור כושר ההתמודדות, והן בהכנתם למאמץ אינטלקטואלי ולעמידה במתח תחרותי. ייקל עלינו לעשות זאת אם מורי תלמידים אלו ישתפו פעולה עם הצוות המרכזי בדחיפה היום יומית ובסיוע במתן תרגילים ובפתרונם.

לסכום נעיר על העומס הרב המוטל על המלוויים במיוחד בימי התרגום והניתוח של הפתרונות ובמהלך המשא ומתן עם צוות הבודקים לשיפור ציוניהם של המתחרים.

לדעתנו תהיה הצדקה להגדלת מספר המלוויים, לפחות בשנים הראשונות, כך שהעומס יוכל להתחלק בין יותר אנשים.

נספח: דוגמת בעיה שניתנה באולימפיאדה הבינלאומית לפיסיקה

אם נסמן ב- r_p את הרדיוס האנכי של הכוכב (ממרכז הכוכב אל אחד הקטבים) וב- r_e את רדיוסו האופקי (הרדיוס בקו המשווה), נוכל להגדיר את **קבוע הפחיסות של כוכב ע"י**:

$$\varepsilon = \frac{(r_e - r_p)}{r_p}$$

א. מצא את קבוע הפחיסות של כוכב נויטרון אם נתונים: מסתו M , רדיוסו הממוצע r , זמן המחזור של סיבובו T , וקבוע הגרביטציה G .

חשב עבור:

$$M = 2.0 \cdot 10^{30} \text{kg}$$

$$r = 1.0 \cdot 10^4 \text{m}$$

$$T = 2.0 \cdot 10^{-2} \text{s}$$

$$G = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{Kg}^{-2}$$

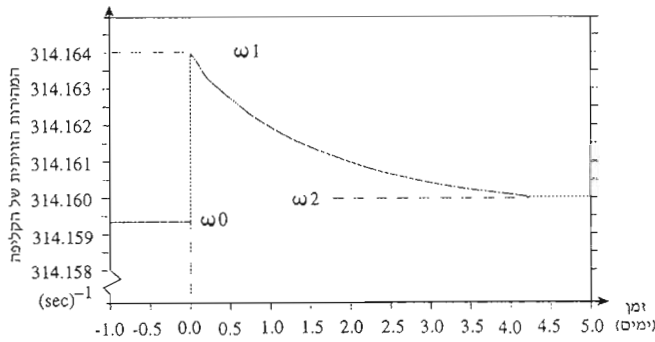
לאחר תקופות ארוכות מאיט הכוכב את מהירות סיבובו, הודות להפסדי אנרגיה, דבר המביא לירידה בפחיסותו. מאחר ולכוכב קליפה מוצקה "הצפה" מעל ליבה נוזלית,

מערכת "תהודה" תשמח לפרסם פתרונות של מורים (או תלמידים) לבעיה.

כוכב הנויטרון המתנודד

"ms פולסאר" הינו מקור קרינה ביקום הפולט פולסי קרינה קצרים ביותר, במחזוריות של מילי שניות בודדות. קרינה זו היא בתחום גלי הרדיו, ולפיכך ניתן בעזרת מקלט רדיו מתאים לגלות את הפולסים הבודדים, ולמדוד בדיוק רב את זמן המחזור שלהם.

פולסי רדיו אלו באים ממעטפת כוכבים הנקראים "**כוכבי נויטרון**". כוכבים אלו הינם דחוסים ביותר. מסתם היא מסדר גודל של מסת השמש, אולם רדיוסם הינו רק כמה עשרות קילומטרים. הם מסתובבים מהר מאד, במהירות זוויתית ω , אולם בגלל הסיחרור המהיר הם פחוסים במקצת (החתך הצירי שלהם יוצר אליפסה עם צירים כמעט שווים).

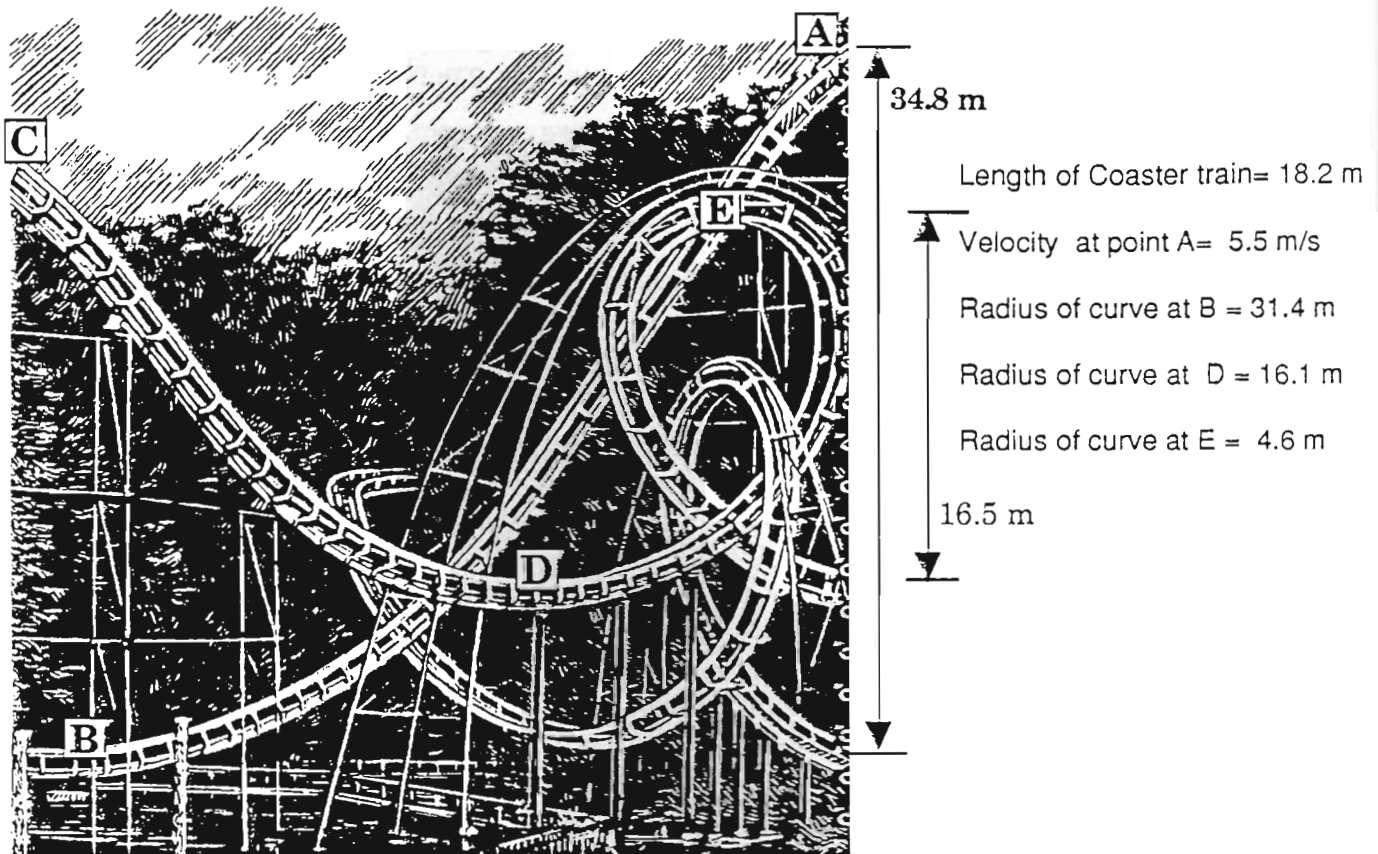


גרף 1: שינוי פתאומי בצורת המעטפת של כוכב נויטרון
גורם לשינוי פתאומי במהירותו הזוויתית

הקרום המוצק מפתח התנגדות בפני השינוי המתמשך בצורתו של הכוכב ומחזיקו במצב של שיווי משקל. לעומת זאת רעידות אדמה גורמות לשינויים בצורת המעטפת. במשך רעידת האדמה של הכוכב ולאחריה נצפים שינויים במהירותו הזוויתית בהתאם לגרף 1.

ב. חשב את הרדיוס הממוצע של הליבה הנוזלית של הכוכב תוך שימוש בנתונים המופיעים בגרף 1. הנח כי צפיפות הקליפה שווה לצפיפות הנוזל. (הזנח את השינוי בצורת הליבה הנוזלית).

Loch Ness Monster



מספר שאלות באולימפיאדה הבינלאומית בפיסיקה התייחסו לתמונה המצורפת, המתארת גן שעשועים במקום בו התקיימה האולימפיאדה.