

# שאלת השאלות



## שיחה עם מחברי שאלות באולימפיאדת אסיה בפיזיקה

משתתפים:

פבל רדזיוילובסקי,

בוגר חמד"ע - המרכז לחינוך מדעי, תל-אביב וביה"ס "שבח-מופת", תל-אביב. התמודד באולימפיאדה הבין לאומית בנורבגיה, 1996 - זכה לציון לשבח. בעל תואר ראשון בפיזיקה מאוניברסיטת תל אביב. הקים עם שותפיו את חברת Visionmap שעוסקת בבניית מצלמות מוטסות וקיבלה את פרס ביטחון ישראל. רבים מ-70 עובדי החברה הם בוגרי אולימפיאדות לפיזיקה המועסקים בקשת נרחבת של התמחויות מהנדסת תוכנה ועד לאופטיקה, חשמל ומכניקה. החל משנת 1999 מאמן פבל את נבחרות ישראל לאולימפיאדות הבין לאומיות.

אריאל אמיר

בוגר התיכון שליד האוניברסיטה, ירושלים. בשנת 1998 התמודד באולימפיאדה הבין לאומית באיסלנד זכה במדליית ארד; בשנת 1999 זכה במדליית זהב באולימפיאדה הבין לאומית באיטליה. אריאל סיים דוקטורט במכון ויצמן במחלקה לפיזיקה של חומר מעובה. כיום הוא עושה פוסטדוקטורט בהרוורד.

יאשה גיימן

בוגר תיכון "אשל הנשיא", אשל הנשיא. ב-2003 התמודד באולימפיאדה הבין לאומית בטאיוואן זכה מדליית כסף. באולימפיאדת אסיה שהתקיימה בתיאלנד בשנת 2003 - זכה במדליית זהב. החוויות שחוה באולימפיאדה, ובמיוחד הרצאה מסוימת שפבל העביה, שכנעו אותו שהוא צריך להיות פיזיקאי. היום הוא דוקטורנט לפיזיקה תאורטית בחוג לאנרגיות גבוהות באוניברסיטת תל אביב ומגדל עם האשה עדר של שרקנים על הספה.

איתמר חסון

בוגר בית ספר אמ"ת גוש דן, תל אביב. התמודד באולימפיאדת אסיה, תיאלנד בשנת 2009 זכה במדליית כסף; עוד זכה בשנה זו במדליית זהב במסגרת האולימפיאדה הבין לאומית במקסיקו.

על התחלת התהליך סיפר יאשה: "ההתלהבות הייתה גדולה. ידענו במשך שנים שבשנה הבדיונית שלעולם לא תגיע, 2011, כולנו ננהג במכוניות מרחפות, וישראל תארח את האסייטית. ידענו שמישהו יצטרך לעשות את זה. עם הזמן הצד המודע של המוח השתכנע שאלה נהיה אנחנו, כי אין אף אחד אחר. אבל המציאות המוחשית של הפרוייקט, והגודל שלו כשהגיע, עדיין הפילו אותנו מהכיסא. אולי הכי מרגשת הייתה העובדה שפתאום עבדנו בשיתוף פעולה צמוד עם אוניברסיטה".

איתמר שמח מאוד כאשר יאשה פנה אליו והציע לו להיות שותף בחיבור השאלות, והוסיף: "ידעתי שאהיה שותף פעיל בהכנת האולימפיאדה, ומרגע שהועלתה האפשרות שאהיה בצוות מחברי השאלות, מיד הסכמתי. הרגשתי שזאת הזדמנות טובה לראות את הדברים מהצד השני, ולתרום קצת מהיצירתיות שלי לטובת השאלון". אריאל: "אני מעורב בפרויקט כמדריך ומחבר שאלות למבחני הסינון ולמחנות מזה יותר מעשר שנים, ומרגע שידעתי שהאולימפיאדה האסיאתית תתארח בישראל, היה לי ברור שארצה להיות מעורב. אני שמח שאכן ניתנה לי ההזדמנות הזאת, ועל כך שהרכב הצוות האקדמי (שהיה מורכב מבוגרי אולימפיאדה ופרופסורים) היה מוצלח".

לשאלתנו אם גם באולימפיאדות קודמות שותפו מתחרים לשעבר בחיבור, בהצגה ובבדיקה של שאלות, ענו פבל, אריאל, יאשה ואיתמר כי ככל הידוע להם, גם באולימפיאדות קודמות שותפו מתחרים לשעבר בחיבור, בהצגה ובבדיקה של שאלות, אבל לא בהיקף שיושם בפעילות של האולימפיאדה הישראלית. למשל, באולימפיאדה האסיאתית בקזחסטן, אחת מבין השאלות התאורטיות חוברה על ידי משתתף אולימפיאדה ותיק. מרחיב איתמר: "אני לא יודע בוודאות. ובטח לא לגבי כל המקרים, אבל אני יודע שבלא מעט מדינות השאלות נכתבו ע"י פרופסורים שלא כל כך מעורים באולימפיאדה, כך יצאו שאלות על נושאים מתקדמים, שבד"כ קשורים לתחום המחקר של אותם פרופסורים. אנחנו ניסינו לכתוב שאלות שקרובות עד כמה שניתן לתחומי הלימוד שהסילבוס מכסה, ושאינן מערבות יותר מדי ידע מוקדם. אני חושב שהצלחנו בזה. השאלות היו ברמה גבוהה מאוד, ולא נדרש ידע מוקדם בשביל לפתור אותן, אלא בעיקר תחכום".

לשאלתנו כיצד השתתפתכם בעבר כמתחרים באולימפיאדה עזרה לכם בחיבור, בהצגה ובבדיקה של השאלות שהצעתם, ענה אריאל ש"היכרות עם סוג השאלות של האולימפיאדה עזרה ל"כייל" את הסגנון ואת רמת הקושי של השאלות, כך שהשאלות יהיו "מחוץ לקופסה" ולא יהיו מוכרות לתלמידים, אבל כן יהיו בנות פתרון לתלמיד נבון עם רקע חזק בפיזיקה בסיסית". אריאל ציין ש"התפלגות הציונים העידה על כך שהבחירה של הרמה הייתה מוצלחת". איתמר גורס שעל אופי השאלות זה בוודאי השפיע. שכן עד עתה היו השאלות באולימפיאדות בעיקר משני סוגים: שאלות ארוכות וטכניות (אופייני לשנים האחרונות) - כאלה שאינן דורשות הרבה מחשבה, אבל כן דורשות הרבה מיומנות וניסיון, או שאלות קצרות וטריקיות (אופייני לשנות ה-90) - מן השאלות ש "או שפתרת או שלא". לשני הסוגים חסרונות ברורים. החיסרון הראשון הוא שהשאלות אינן מעניינות, והן הופכות את האולימפיאדה למירוץ כתיבה ולא מחשבה; החיסרון השני מתייחס לבעייתיות של השאלות, שאינן יוצרות התפלגות טובה של ציונים שתאפשר לדרג את המתחרים בצורה הוגנת. "אנחנו בחרנו לייצר שאלות כאלה, שמצד אחד, יהיו ארוכות מספיק, כדי שתלמיד מיומן וזריז ירוויח, אך מצד שני, בכל השאלות היו סעיפים רבים (לעתים הם אפילו היו עיקר השאלה) שדורשים חשיבה מורכבת יותר והבנה עמוקה של החומר". יאשה ציין שההשתתפות בעבר השפיעה בראש ובראשונה על המוטיבציה כי "צריך להיות משוגעים לדבר כדי להרים את הפרויקט". "לקחנו את הדברים באופן אישי. היה לנו חשוב שהשאלות יהיו יפות, ושהן יחנכו. כמשתתף לשעבר, אתה יכול להעריך טוב יותר את היקף החומר, רמת הקושי והסגנון הנדרשים. אתה יכול גם לנסות להעריך אילו שאלות יזכרו לדורות הבאים. חשוב לתת את הדעת על כך שהשאלות משמשות לא רק ביום התחרות - הפונקציה העיקרית שלהן היא לחנך תלמידים ברחבי העולם בשנים שיבואו, בין אם הם מתכוננים לאולימפיאדות או סתם מתעניינים". פבל ציין שההיכרות עם האולימפיאדה באה הן מהשתתפותם כמתמודדים והן כמדריכים, וש"יש בהחלט עניין של רצון להרשים את הקולגות ולהראות שהשאלון הישראלי יהיה הכי יפה. המטרה שלי הייתה לעשות שאלון שמאות מחזוריים בעתיד יזכרו את שאלון "ישראל 2011" כיפה במיוחד שאנשים השקיעו בו מחשבה, בדיוק כמו שאני זוכר את שאלון מזרח גרמניה 1987 וכמה אחרים. והשאלון שלנו באמת היה כזה, גם הנשיא וגם כל אחד מן הבודקים בהרצות ניסו של השאלון אמרו שזה השאלון הכי יפה שראו".

## השימוש החוזר בביטוי "שאלה יפה" עורר את השאלה מהי "שאלה יפה" בעיניכם?

יאשה: "שאלת אולימפיאדה יפה היא בערך כמו תגלית מדעית יפה. היא צריכה לעשות אחד משני דברים: להתקיל אותך בתופעה מרשימה שלא דמיינת לפני כן או להראות גישה מפתיעה והסבר לתופעה שנתקלת בה כל החיים, אבל קיבלת אותה בסימן "ככה זה". תוך כדי כך השאלה צריכה להזמין אותך, עם הדרכה מסוימת, לבנות בעצמך את התיאור או את הפתרון. בסוף התהליך אתה צריך להרגיש שגילית במו ידך דבר מה שהיה שווה להתאמץ בשבילו." "להלן כמה דוגמאות שחיברנו לאולימפיאדה האסייתית שלנו:

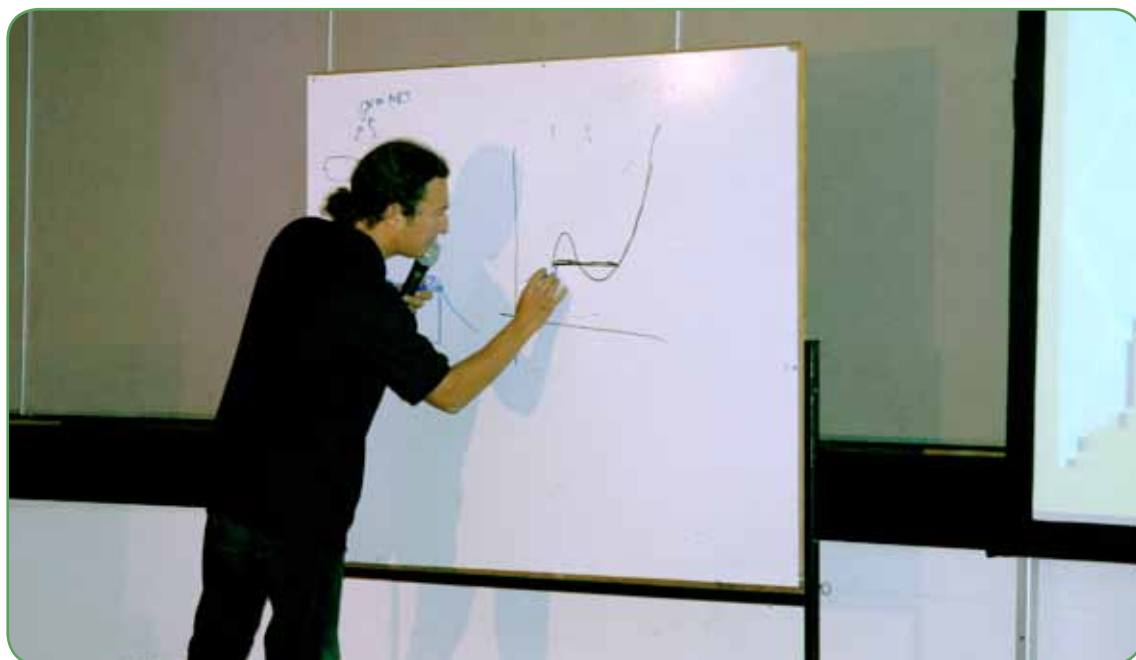
שאלה תאורטית מס' 1 עוסקת במה שמכונה הפרדוקס של שוקלי וג'ימס, והיא שייכת לקבוצה הראשונה שתיארתי - היא מתקילה את הילדים עם מצב שבו, בגלל תופעות של יחסות פרטית, גוף נושא בתוכו תנע אך נשאר במקום. שאלות 2 ו-3 הן מהסוג השני. שאלה 2 מסבירה איך חורקת דלת (או כל דבר אחר), ולמה תנועה מהירה מונעת חריקה. שאלה 3 מדברת על בלון יום הולדת ארוך, שכידוע מתפצל במהלך הניפוח לחלק צר וחלק רחב. התופעה הזו אנלוגית לדו-קיום של שני מצבי צבירה של חומה, כגון מים ואדים. השאלה מדברת על בלונים ומכניקה, אבל בעצם מלמדת על הפיזיקה הלא-תיכונית של מצבי צבירה."

פבל: "שאלה מוצלחת היא כמו מנה מוצלחת במסעדה. היא צריכה להראות טוב, להריח טוב, ואחר כך להיות טעימה. בנוסף אנחנו מצפים שהמנה לא תישא טעמי לוואי לא תגרום לבעיות בקיבה. בקיצור, משהו שצריך להיות נפלא בכל שלבי האכילה והעיכול."

שאלה מוצלחת צריכה לספר סיפור מעניין, משהו שכיף לפתור, עליה להיות מלאה בהפתעות בדרך ולהשאיר הרגשה טובה בסוף."

## ביקשנו: ספרו על תהליך של חיבור שאלה מן ההתחלה ועד להצגתה למשתתפים

על בחירת נושאי השאלות אמר פבל שכל מדינה מנסה לחבר שאלות שקשורות לאופי הלאומי ולתופעות טבע מקומיות שלה. למשל, באולימפיאדה הבינלאומית בנורבגיה שבה השתתף, שאלה אחת הייתה קשורה לנושא הפיורדים, ושאלה



פבל רדזילובסקי מסביר בדיון את בניית הבלון. צילום דר' אלי רז

נוספת - לזוהר הצפוני. "אנחנו רצינו שבפעם ראשונה שהעם היהודי מארגן אולימפיאדה בפיזיקה תופיע שאלה ביחסות. ואכן, רבים ניחשו שתופיע שאלה בנושא". עם זאת היו גם הרבה הצעות הקשורות לנדידה של ציפורים, מחזור רעידות אדמה של השבר הסורי אפריקני, ים המלח ועוד.

ביחס למאפייני השאלות אמר פבל שהם רצו שאלות שיתייחסו לתופעות מרהיבות וכן שאלות שידע התוכן של התלמיד אינו מספיק כדי להתמודד אתן, אלא גדרשת קפיצה מנטלית ובניית מודל. ואכן, יחסית לאולימפיאדות קודמות, לא היו בשאלון יותר מדיי חישובים וגוסחאות. בסיכומי של דבר, בשאלון התאורטי הייתה שאלה אחת בתורת היחסות, ושתי האחרות התייחסו לתופעות טבע יומיומיות. שאלה ניסויית אחת הייתה על קופסה שחורה אופטית שבה היה על התלמיד לזהות ולפענח בדרכים עקיפות את המבנה המיקרוסקופי של דגם, והשאלה השנייה עסקה בתופעה של ריחוף מגנטי.

על התהליך שעברה כל שאלה סיפרו יאשה ואיתמר שזה היה תהליך ארוך. במשך מספר חודשים התקיימו פגישות שבועיות של ועדה שמנתה אנשי אולימפיאדה ופרופסורים מאוניברסיטת תל אביב. כל חבר בקבוצה תרם רעיון או כמה רעיונות, הציע שאלון לדוגמה, וסביב השאלון הזה נערך סיעור מוחות, הרבה רעיונות לשאלות נשקלו ונפסלו. מבין שלוש שאלות התאוריה שנבחרו, השאלה ביחסות הוצעה על ידי פרופסור לב וידמן, והשתיים האחרות, לפי יאשה, "התבשלו בראש של פבל, ההוגה שלהן, ונשמרו בסוד לקראת האירוע במשך כמה שנים". שני הניסויים הוצעו על ידי ד"ר אלי רז (ראש האולימפיאדה הישראלית לפיזיקה). את הרעיון של אחד מהם (האופטי) שאל אלי מפרופסור סטיב ליפסון מהטכניון לפני שנים, ומאז הוא התבשל אצלו בראש. "לאחר שהשאלות נבחרו, כתבנו ושכתבנו אותן במשך כמה חודשים נוספים. היו ויכוחים מרים ודעות חזקות על רוב הפרטים של השאלות. בחלק מהשאלות התגלו תוך כדי התהליך בעיות בהבנת הפיזיקה, ונדרשנו ללא מעט חשיבה, סקירת ספרות ואפילו ניסויים ביתיים". לדוגמה, אריאל סיפר על שאלת הדלת החורקת "הרעיון של התופעה (שהיא כללית מאוד) הגיע מפבל רדזיולבסקי ועבר סדרה ארוכה של איטרציות ניסוח על ידי הצוות (יש לציין במיוחד את יאשה נימן בעניין זה). בדרך התייעצנו עם פיזיקאים שמומחים לנושא החיכוך, וגילינו בעיות פיזיקליות במודל אשר עבר שינויים וגלגולים שונים. עשינו גם לא מעט ניסויים על דלתות חורקות, על מנת לתקף את המודל". ופבל השלים: "לאריאל הייתה תרומה ללמידה שלנו על הקשר בין חריקת דלת לבין מחזור רעידות אדמה, וכך בלי שתכננו, קישרנו גם שאלה זו לטבע ישראלי".

על חיבור השאלון המעשי הוסיף איתמר "באופן טבעי עלו פחות הצעות - כי להביא הצעה לכדי ניסוי של ממש - זה יותר מורכב". גם היו התחבטויות גדולות בנוגע לבחירת הניסוי, שכן "בשאלון התאורטי הרבה יותר קל להתחרט ולחזור לשאלה שפסלנו. בשאלון המעשי זו בעיה - כי צריך להכין 100 ערכות ניסוי בעבור כל התלמידים...". בהמשך עסקנו בבנייה ובליטוש של אב-טיפוס, שמוכיח את ייתכנות הניסוי, "והיינו צריכים לעשות את הניסוי שוב ושוב, בתנאים שונים ופרמטרים שונים, על מנת לבחון מהם הפרמטרים האידיאליים לבניית מערכת הניסוי". ולבסוף, עבודה עם כל הספקים ועם בית המלאכה של האוניברסיטה וייצור סיטונאי של ערכות.

סיכם יאשה: "לגבי השאלות התאורטיות, היינו שאננים. התרגלנו שבמחנות של האולימפיאדה הישראלית אנחנו מחברים שאלה בחצי יום. בסוף, הויכוחים, הגילויים והעריכות נמשכו עד הרגע האחרון. עם השאלות הנסיוניות, עמדנו בכלל מול הלא-גודע. הממד הפסיכולוגי עובד ככה, שמדריכי האולימפיאדה שבחרו לנטוש את הנבחרת ולעסוק בהכנת ה"אסייטית" היו בדיוק אלה שאין להם מושג בניסויים. היה לנו אלי רז שהמציא בסוף את שניהם, אבל אחר כך היה צריך לבנות אותם, והתחוור לנו שגם זה לא הולך לקרות בדרך קסם. למזלנו, עמד לרשותנו שמחה שגב ממעבדת ההדגמות באוניברסיטת תל אביב שנשא בעול ולא אחת הציל אותנו".

את השאלות והניסויים שכתבה בסיכומי של דבר הוועדה, קיבלו מספר בוגרי אולימפיאדה וסטודנטים לתארים מתקדמים של האוניברסיטה ל"ריצות מבחן", וגם הם עזרו רבות בעריכה.

ביום שלפני התחרות השאלות עברו דיון מול הוועד הבינלאומי של ראשי המשלחות. גם בשלב הזה התגלו בעיות קטנות, נחוו דעות והוכנסו שינויים. מיד לאחר מכן, בערב לפני המבחן, ניגשו ראשי המשלחות לעבודה הלילית הקשה של תרגום השאלות לשפות האם שלהם.



צוות בוגרי האולימפיאדה מנהל את תהליך הערעור.  
צילום - רוסלן ברדיצ'ב, בוגר אולימפיאדת 2003 וחבר בצוות האולימפיאדה

### שאלה: האם היו קשיים בבדיקת השאלות?

פבל: "בדיקת שאלות זה תמיד דבר קשה. להבין מתוך עבודה בסינית מה המתמודד חשב. לעשות הכול ביממה וחצי ולהגן על הבדיקה - זה לא דבר קל".

איתמר: לא ראינו הרבה תשובות שלא ציפינו להן, התכוננו די טוב להרבה תרחישים. עיקר הבעיה הייתה להחליט איך לנקד כשלא ברור מה התלמיד עשה. מובן שכל מקרה לגופו, אבל בסופו של דבר מצאנו דרך להוכיח שהתלמיד פתר את הסעיף נכון או לא נכון, וניקדנו בהתאם. צריך להבין שהבדיקה של השאלות לא נעשית עפ"י תוצאה סופית בלבד. לעתים פתרון עם תשובה נכונה יכול לקבל פחות מפתרון עם תשובה לא נכונה, כי הראשון עשה זאת בדרך שגויה, לעומת השני שעשה את הדרך הנכונה, פרט לחישוב אחד שבו יש טעות... לעתים התלמידים גם מדלגים מספר שלבים, וצריך להשלים את השלבים החסרים כדי להבין מה באמת התלמיד עשה".

אריאל: "בדרך כלל הבעיות היו כאשר מישהו הבין נכון את הפיזיקה, אבל קיבל ביטוי שונה מזה שהכרנו. במקרים רבים התוצאה הייתה נכונה, אבל הביטויים האלגבריים היו שונים לגמרי. כדי לבדוק את המקרים הללו, היה צריך לעקוב אחרי הפתרון של התלמיד בזכוכית מגדלת, וזה דרש הרבה משאבים. צוות הבדיקה שכלל דוקטורנטים ובוגרי אולימפיאדה היה מעולה, וזה עזר מאוד".

יאשה "בזמן הבדיקה של אחד הניסויים, שמנו לב לתוצאה שגויה שמופיעה באופן שיטתי ובלתי צפוי אצל חלק גדול מהתלמידים. במשך שעה שברנו את הראש, אני, אלי רז ושני פרופסורים מאוניברסיטת תל-אביב (שמשון ברעד ורועי בק). כמעט שכנענו את עצמנו שהייתה בעיה בתכנון הניסוי. לבסוף שחזר שמשון את דרך המחשבה שהובילה לתוצאה של התלמידים, השתכנענו שהטעות היא שלהם, ויכולנו להחליט כיצד לנקד אותה".

לשאלה האחרונה ששאלנו: האם הייתם ממליצים למורים לפיזיקה לשתף את תלמידיהם בחיבור שאלות בחינה?

## קיבלנו תשובות מגוונות:

**פבל:** "אינני יודע. כן שיתפנו תלמידים בבדיקה של עבודות של אחרים במהלך אימוני הנבחרת. זה היה יעיל מאוד כי הם ראו את נקודת המבט של הבודק שצריך גם להבין מה נכתב בתשובה. אנחנו כן מבקשים ממתמודדים לשעבר להציע שאלות לשלבים המוקדמים, אבל זה לא מוצלח כל כך. חיבור שאלה דורש "מוח מעוות", כי הדבר הטבעי לעשות הוא להתמודד עם הקשיים שנתקלים בהם ולא ליצור כאלה בעבור מישהו אחר. לא תמיד תלמידים שטובים במענה על שאלות באולימפיאדה מחברים שאלות טובות, גם בגלל שבחיבור שאלה צריך לשקלל עוד הרבה פרמטרים שהם לא דווקא התוכן הפיזיקלי של השאלה".

**אריאל:** "יכול להיות. לומדים הרבה מחיבור בחינות. אבל אולי עוד לפני זה הייתי נותן לתלמידים ללמד זה את זה נושא מחוץ לחומר, או לעשות פרויקט מחקרי בנושא לא מוכר".

**יאשה:** "בהחלט כן, ולא רק בפיזיקה. הייתה לי מורה דגולה לספרות והיסטוריה שעבדה ככה במשך שנים. שיתוף בחיבור הבחינה מכריח את התלמיד לחשוב ברמת הפשטה גבוהה יותר ולסקור לעצמו את הנושא באופן מודע. עם זאת, חשוב שיישארו הפתעות - אסור לאבד את אלמנט ההתמודדות היצירתית עם בעיה לא מוכרת".

**איתמר:** "לדעתי, זה רעיון טוב לבקש מתלמידים לכתוב שאלה לדוגמה, כזו שהם חושבים שיכולה להופיע בבחינה. מובן שצריך לבקש מהתלמידים שלא יעתיקו את השאלה מספר או מבחינה קודמת, אלא יחשבו על שאלה חדשה. זה יכול להוסיף מאוד לתלמיד, כי הוא יבין איך אדם שכותב שאלה חושב, למה הוא שם לב, איך הוא בוחר לנסח את השאלה וכו'. מתוך הבנה כזו, יצליח לגשת לשאלות בצורה טובה יותר".

## לסיום, ביקש יאשה להגיד את הדברים הבאים:

"האולימפיאדות המדעיות הן נכס לאומי. הן אחת ממספר קטן של דרכים שיש לנו לאתר ולקדם בגיל צעיר את בני הנוער המוכשרים במדינה. חשוב להשתמש באירוע הבינלאומי שהרמנו בהצלחה על מנת לקדם את העבודה החשובה, הבלתי פוסקת וההתנדבותית ברובה של האולימפיאדות הישראליות".

[קישור לדף הרשמי של האולימפיאדה האסיאתית ה-12](#) (שם ניתן למצוא את השאלות והתשובות)



איתמר חסון מסביר בדיון את שאלת ניסוי המגנטיות (מבקש מהמדגימים להדגים ריחוף מגנטי). צילום-דר' אלי רז