



אולימפיאדה ותחרויות

הפריצה הגדולה – תשנ"ט – טורניר הכספות הרביעי במכון ויצמן

נטע מעוז וחגי איזנברג, היחידה לפעולות נוער, מכון ויצמן למדע, רחובות

ההשתתפות ב"טורניר הכספות" של מכון ויצמן, שהתקיים בשנת תשנ"ט בפעם הרביעית, הפכה כבר למסורת בבתי הספר התיכוניים המלמדים פיזיקה ברמה גבוהה.

טורניר זה הינו תחרות בין צוותים (5 משתתפים בכל צוות) של תלמידי יא'-יב'. במסגרת התחרות הצוותים מתכננים ובונים מנגנוני נעילה ל"כספות", שהן קופסאות אחידות מעץ עם דלת שקופה ומנעול אלקטרומכני. הצוותים מתכננים ובונים את המעגל החשמלי שסגירתו פותחת את המנעול. העקרונות עליהם בנוי המעגל החשמלי מגוונים ומבוססים על חוקים פיזיקליים הנלמדים בבית הספר.

התלמידים המשתתפים בפרויקט זה, מיישמים באופן מעשי עקרונות תיאורטיים שנלמדו. תוך כדי התהליך הם לומדים פיזיקה בצורה מעמיקה ובלתי אמצעית. היבט אחר חשוב הוא שבמהלך התכנון והבנייה של מנגנון הנעילה, לומדים בני הנוער גם את המשמעות של עבודה בצוות, כי בימינו רוב המחקר המדעי הניסיוני מתבצע בצוותים.

מהלך הפרויקט

ספטמבר-נובמבר - הרשמה והתארגנות הצוותים.

חנוכה - יום עיון לתלמידים ולמורים המעוניינים להשתתף בפרויקט.

ביום העיון מאזינים המשתתפים לשתי הרצאות בפיזיקה. אחת העוסקת בנושא מתקדם בפיזיקה והשנייה הרצאה עם הדגמות מעשיות של נושא מסוים. כמו כן מקבלים המשתתפים הסבר על תהליך העבודה ומקבלים את החומרים לבניית הקופסאות.

דצמבר-מרץ - התכנון והבנייה של מנעולי הכספות על ידי הצוותים בבתי הספר.

כשבועיים לפני התחלת חופשת הפסח על התלמידים להביא את הכספות ליחידה לפעולות נוער במכון ויצמן כשהן במצב תקין ומוכנות להשתתף בתחרות.

פסח - בראשית חופשת הפסח מתקיימת התחרות, במשך יומיים, במכון ויצמן.

במהלך היום הראשון נמצאות הכספות כל אחת בחדר נפרד. ליד כל כספת ניצב אחד מהתלמידים שבנו אותה ואילו ארבעת חברי הצוות האחרים מנסים לפרוץ כ-15 כספות בסדר שנקבע מראש.

התלמידים נשארים ללון בכפר הנוער של מכון ויצמן ובמהלך הערב שומעים הרצאה מדעית. למחרת מקימים המשתתפים את התערוכה. המציגה את עבודותיהם באולם בו נערך הטקס. אחר כך הם מבקרים בגן המדע של מכון ויצמן ובמספר מחלקות מדעיות. טקס הסיום נערך בשעות אחר הצהריים של היום השני.

השיפוט והפרסים

הניקוד הניתן לצוותים על התכנון והבנייה של מנגנון הפתיחה מורכב ממספר חלקים:

א. ציון על התכנון והבנייה – ניתן על ידי ארבעה שופטים שהם פיזיקאים בכירים במכון ויצמן - 50%.

ב. ציון על הבנתו של כל צוות את המנגנונים של הכספות, שבנו הצוותים האחרים, והצלחתו לפרוץ אותם - 20%.

ג. ציון על "אי פתיחת" הכספת של הצוות על ידי הקבוצות האחרות - 15%.

ד. הערכת הצוותים את עבודות חבריהם - 15%.

כל הנתונים האלה משוקללים ושלושת הזוכים במקומות הראשונים זוכים בציון 100 בבחינת הבגרות במעבדה בפיזיקה ובתרומה של ציוד למעבדת בית הספר.

שלושה ציונים לשבח ניתנים לצוותים שהכספות שלהם קיבלו את הניקוד הגבוה ביותר על התכנון והבנייה של הכספת, ואינם כלולים בשלושת המקומות הראשונים.

בנוסף ניתנים פרסי עידוד אחדים, על פי הניקוד על תכנון ובניית הכספת. מספר פרסי העידוד נקבע לפי רמת הכספות שהוגשו. הזוכים בפרסי העידוד ובציונים לשבח מקבלים גם הם ציון 100 בבחינת הבגרות במעבדה בפיזיקה. כל משתתף מקבל במתנה ספר.

השתתפות בפרויקט זה גורמת להתלהבות רבה של התלמידים. הגורם התחרותי הכלול בה מוסיף מתח ועניין. גם השהייה בשני הימים במכון ויצמן עם תלמידים מבתי ספר שונים שהשתתפו גם הם בפרויקט זוכה לתהודה רבה בקרב המשתתפים. פרויקט זה הינו דוגמא מאלפת להשפעת החינוך הלא פורמלי על החינוך הפורמלי. כיום גוברת הנטייה ללמידה באמצעות פרויקטים. ידוע שתלמידים המכינים פרויקט לומדים ממנו בצורה הרבה יותר מעמיקה מהנלמד בשעורים רגילים. התלמידים מאד מתלהבים ומוצאים שזה "מענין יותר" וזאת בעיקר עקב המעורבות האישית של המשתתף. המשתתף בפעילות כזאת מקבל על עצמו אחריות על הפרויקט ומבין שהצלחתו בתכנון, בבנייה ו-"בפיצוח" הכספות האחרות תלויה בו ובחברי צוותו בלבד.

בכספות שהשתתפו השנה יושמו רעיונות חדשים רבים שהדגימו עד כמה רבות הדרכים לפתור בעיה אחת. גם כאשר רעיון בסיסי חזר על עצמו, אפשר היה להתרשם ממספר אופני הביצוע. נתאר כאן שתי כספות שלכאורה בנויות על אותו עיקרון: טעינת קבל ופריקתו דרך מנגנון הנעילה האלקטרו-מכני. למעשה, ניווכח כי בעיות שונות בתכלית עמדו בפני הצוותים. גם צורת הפתרונות הייתה ייחודית לכל צוות.

נזכיר, שהמבנה החיצוני של כל הכספות הוא אחיד ומסופק על-ידי המארגנים. גם המנעול הוא אחיד. הוא מורכב מלשון ברזל הנעה כנגד קפיץ בתוך סליל נחושת. במצב רגיל דוחף הקפיץ את הלשון כלפי חוץ. כאשר זורם זרם חשמלי דרך הסליל, נמשכת הלשון אל תוך הסליל. מרכיבים את המנעול על דלת הכספת כך שהלשון חודרת אל חור בדופן הכספת ומונעת את פתיחת הדלת. בתוך הכספת נמצא מנגנון המבוסס על עקרונות פיזיקליים, שנבנה על ידי צוות התלמידים. בכל כספת קיימת אפשרות להפעלה של חלקים מסוימים במנגנון מבחוץ. הבנת המנגנון והפעלה נכונה אמורות לסגור מעגל שיזרים זרם דרך מנגנון הפתיחה והכספת תיפתח.

הטורניר בפיזיקה מתקיים בשיתוף הפיקוח על הוראת הפיזיקה והמחלקה לנוער שוחר מדע במשרד החינוך. ההרשמה לתחרות תש"ס החלה, ובתאריך 9.12.99 נערך במכון ויצמן יום עיון למשתתפי שנה זו. לפרטים ולהרשמה נא לפנות אל:

בתיה לוי – טל. 08-9344049

חגי איזנברג – טל. 08-9342058

יוסי פלטיאל – טל. 08-9343667

להלן מובאת רשימת בתי הספר שהשתתפו בטורניר והכספות שבנו צוותיהם. בהמשך לרשימה מתוארות שתי כספות מתוך ה-27 שהוגשו לתחרות.

רשימת הכספות ובתי הספר שהשתתפו בטורניר תשנ"ט

מכללת אורט בראודה, כרמיאל	פרס ראשון	1. משיכה ודחיה אלקטרומגנטית
תיכון הרצוג, בית חשמונאי	פרס שני	2. מראה חד-כיוונית והתנגדות אלסטית
תיכון אזורי, באר טוביה*	פרס שלישי	3. לחץ אוויר וחוק ברנולי
בי"ס חמד"ע, תל אביב*	ציון לשבח	4. טעינה ופריקה של קבל
מכללת אורט בראודה, כרמיאל	ציון לשבח	5. תלות התנגדות חשמלית בטמפרטורה
מקוה ישראל, חולון**	ציון לשבח	6. אינדוקטור רומקורף והתפשטות גז
תיכון הדרים, הוד השרון**	עידוד	7. החזרה מלאה והולכת גל
תיכון היובל, הרצליה	עידון	8. השדאות ומגנטיות
בי"ס חמד"ע, תל אביב*	עידוד	9. תהודה
תיכון מקיף א, אשקלון	עידוד	10. חימום דו-מתכת
תיכון למדעים על"ה, הרצליה**	עידוד	11. פעילות אופטית
תיכון חורד, ירושלים*	עידוד	12. מתחים במערך קבלים
תיכון זינמן, דימונה**	עידוד	13. טעינה ופריקה של קבל ואלקטרוסטטיקה
תיכון הרצוג, בית חשמונאי		14. משקל סגולי ושבירת אור
בי"ס להנדסאים, רמת אביב		15. תהודה בין קפיץ ומטוטלת
תיכון שפירא, נתניה**		16. אלקטרומגנט וחוק ארכימדס
תיכון היובל, הרצליה		17. מאזני זרם וסריגים
תיכון שיפמן, טירת הכרמל**		18. תהודה והתפשטות מתכת בחום
תיכון מקיף א, אשדוד		19. טעינה של קבל ובליסטיקה
תיכון מקיף ג, אשדוד		20. מנוע זרם ישר
תיכון כפר סילבר, חוף אשקלון**		21. טעינה ופריקה של קבל
תיכון אהל שם, רמת גן**		22. שיוריות מגנטית
תיכון בן גוריון, נס ציונה**		23. מעברי פאזה
תיכון מקיף ז רביבים, ראשון לציון		24. נקיפה
אמי"ת גוש דן, רמת גן**		25. גשר ויטסטון
תיכון מקיף למדעים ואומנויות, חדרה**		26. אידוי ועיבוי
תיכון עירוני ה, חיפה**		27. טעינה ופריקה של קבל דרל כניסת מלח

* חידשו השתתפות לאחר הפסקה

** בתי ספר חדשים

טעינה ופריקה של קבל ואלקטרוסטטיקה

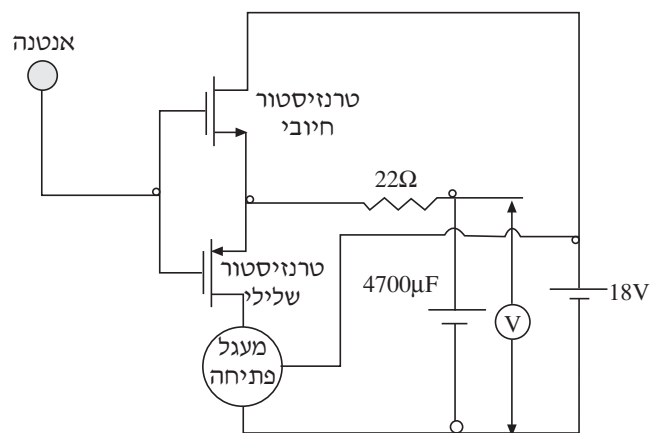
הצוות מתיכון זינמן מדימונה עבד בהנחיית המורה פרופ' שלמה הבא מאוניברסיטת בן גוריון.

בכספת נמצא קבל שקיבולו $4700\mu\text{F}$ המחובר למנגנון הנעילה, אותו יש לטעון תחילה. כאשר הקבל נפרק דרך מנגנון הנעילה, נפתחת הכספת. המתגים האחרים על הטעינה והפריקה הם שני טרנזיסטורים (ראה תרשים 1). האחד מאפשר מעבר זרם כאשר מטען חשמלי חיובי נמצא על רגלו האמצעית ונסגר כאשר המטען שלילי. השני מתפקד בצורה ההפוכה ונפתח כאשר על רגלו האמצעית מטען שלילי. הרגלים האמצעיות של שני הקבלים מחוברות ביניהן, ודרך חוט אנטנה מסוכך, אל בורג בדופן הכספת.

לצורך יצירת המטענים, מסופקים 'כלי-מטבח', אוסף של כלי פלסטיק וברזל ומטליות מאריגים שונים. שפשוף כלי באריג טוען אותו במטען חשמלי האופייני לכל צמד. לרשות ה"פורצים" אלקטרוסקופ שבעזרתו הם אמורים לזהות צמדי כלי-אריג בהם הכלים נטענים במטענים בעלי סימן הפוך. את הסימן המוחלט של המטענים אי אפשר לגלות, אך יש רק שתי אפשרויות אותן ניתן לנסות אחת אחרי השנייה.

פתיחת הכספת: יש, ראשית, לטעון את האנטנה במטען חיובי שיאפשר מעבר זרם ממקור המתח אל הקבל דרך הטרנזיסטור החיובי וינתק את חלק המעגל שדרכו נפרק הקבל. ה"פורצים" עוקבים אחר טעינת הקבל בעזרת מד-מתח המחובר אליו במקביל עד שהקריאה זהה למתח המקור (18V). עתה יש לנתק את המקור מהקבל ולחבר אליו את מנגנון הפתיחה. זאת עושים על-ידי שינוי סימן המטען שבאנטנה. מטען שלילי סוגר את מעגל הטעינה ומחבר את מנגנון הנעילה אל הקבל הנפרק. בכספת זו, מעגל הפתיחה מחובר לממסר (relay) המאפשר מעבר זרם גדול יותר דרך סליל המנעול בזמן פריקת הקבל. הקבל נפרק והכספת נפתחת.

הקושי העיקרי בבניית מנגנון המבוסס על עקרונות אלקטרוסטטיים, הוא רגישותו למטענים בסביבה כמו למשל המטען שעל גופנו ובגדנו. מחשבה רבה הוקדשה לעניין זה בכספת זו. כל המנגנון החשמלי הוכנס לקופסת קפה מואורקת ממתכת - כלוב - פרדיי, המבודד מהשפעות אלקטרוסטטיות סביבתיות. האנטנה עצמה מסוככת מסביב. התברר כי החומר הפלסטי ממנו עשויה דלת הכספת הסטנדרטית אוסף מטען רב בקלות רבה. לכן היה צורך לעטוף את הדלת ברשת מתכת דקה (רשת נגד חרקים) ולהאריק גם אותה. האלקטרוסקופ הואורק גם הוא. כספת זו זכתה בפרס עידוד.



תרשים 1

טעינה ופריקה של קבל

כספת זו נבנתה בהנחיית המורה ניר סתיו. גם מנגנון הפתיחה של כספת זו מתבסס על טעינה ופריקה של קבל, אך כפי שנראה הוא שונה לגמרי מהמנגנון של בית הספר זינמן. יש לסגור תחילה מעגל חשמלי שטוען קבל שקיבולו $1F$, ואז לפרוק את הקבל דרך מנגנון הפתיחה. המתג החשמלי הוא סרגל מתכת שבמצב **מורם** מאפשר **טעינה**, ובמצב **מורד פריקה** של הקבל.

אין גישה ישירה אל הסרגל. מתחת לסרגל נמצא בלון **שחור** המחובר לבקבוק. אם ינופח הבלון, ירים את הסרגל. בתחתית הבקבוק יש אבקת סודה לשתיה. בצד השני יש מכל מים ובו גליל פלסטיק. בתוך גליל הפלסטיק בקבוק המלא בחומץ. הבקבוק מותאם אל היקף הגליל כך שינוע בו כבוכנה. ל"פורצים" מסופק צינור אותו יש להחדיר דרך חור בתקרת הכספת אל

מתחת לגליל הפלסטיק. נשיפת אוויר דרך

הצינור מציפה ומעלה את בקבוק החומץ.

החומץ נשפך דרך צינור שני אל בקבוק

הסודה לשתיה. כאשר החומץ והסודה

לשתיה באים במגע הם מגיבים ויוצרים

כמות גדולה של פחמן דו-חמצני (CO_2).

הגז חודר לבלון ומנפח אותו, והבלון בתורו

מרים את סרגל המתכת, והקבל ניטען.

עתה עומדת בפני ה"פורצים" בעייה: אין

שום דרך לרוקן את הבלון מהגז כדי

להוריד את הסרגל, לפרוק את הקבל

ולפתוח את הכספת. גם לפוצץ את הבלון

אי אפשר לכאורה, כי אין שום דרך לגעת

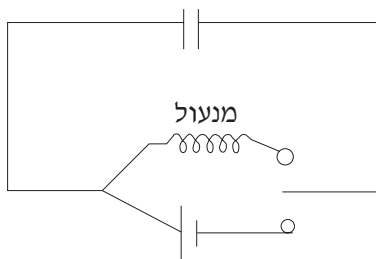
בו או להגיע אליו באמצעי מכני. את

החידה פותר מקרן שקפים המונח מפורק

בצד. זהו רק חלקו התחתון של המקרן

המכיל נורה חזקה ועדשה הממקדת את אורה. מדליקים את המקרן ומכוונים אותו אל תוך הכספת ממרחק כזה שמוקד העדשה נמצא על הבלון. הבלון הוא שחור, ולכן בולע כמות רבה מהאור. אנרגיה זו נבלעת ומתרגמת לחום שלבסוף מפוצץ את הבלון. הסרגל יורד, הקבל נפרק והכספת נפתחת. (כזכור דלת הכספת שקופה ולכן אינה מהווה מכשול למעבר האור).

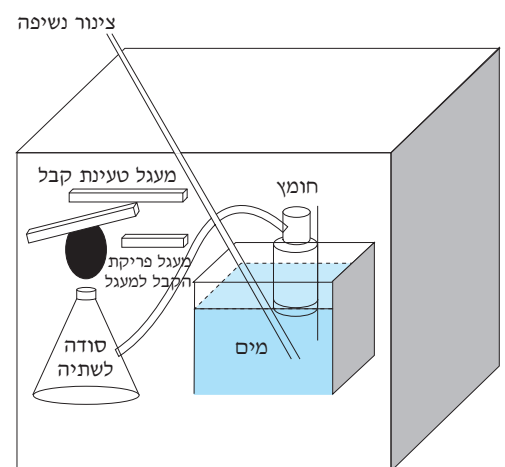
כספת זו זכתה בציון לשבח.



המעגל החשמלי לפתיחת הכספת

בניגוד לכספת הקודמת, לא היה כאן צורך במעגל ממסר אלקטרוני בין הקבל והמנעול האלקטרו-מכני. הקבל בעל הקיבול העצום בו השתמשו מספיק ליצירת זרם גדול דיו לאורך זמן (מספר שניות) כך שניתן לפתוח את דלת הכספת.

השוואה בין הכספות מדגימה, שלמרות זהות בין העקרונות הבסיסיים הפותחים את הכספות, צורת הבניה והעקרונות הפיזיקליים הנוספים הם שונים לגמרי. רבגוניות זו מאפשרת לעשרות קבוצות להשתתף בפרויקט שנה אחר שנה מבלי לחוש שמיצו את הנושא.



תהודה