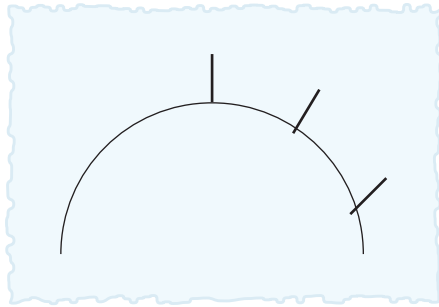




מה חדש במעבדה

ניצוצות ממחולל הוון דה גראף שלך

פאול גלוק, בית הספר התיכון למדעים ולאמנויות, ירושלים



תרשים 2

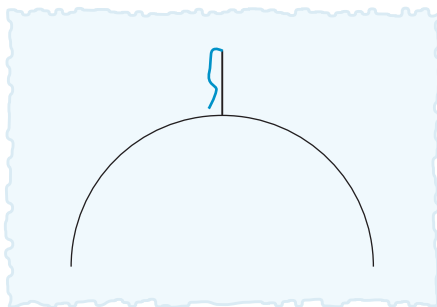
הפעל את המחולל. החוטים הטעונים יזדקרו בניצב למשטח הכיפה בנקודות ההדבקה. הקהל יראה את התופעה טוב יותר אם תציב גליון בריסטול לבן מאחורי הכיפה.

השראה

הדבק הפעם חוט תפירה בודד שאורכו 15 ס"מ במקום כלשהו על הכיפה. הפעל את המחולל. נניח כי הכיפה טעונה חיובית. קרב אצבע מושטת אל החוט הישר. קצה החוט יימשך אל האצבע.

כאשר תניע את האצבע החוט יעקוב אחריה, כמו כלבלב צייתן.

מטען שלילי מושרה בקצה האצבע ולכן פועל כוח משיכה בינה לבין החוט. עתה החזק את קצה החוט הטעון בין האצבע לבין האגודל במשך שניות אחדות, והרפה. התוצאה מפתיעה: החוט מתקפל על עצמו ויוצר לולאה (ראה תרשים 3). במגע

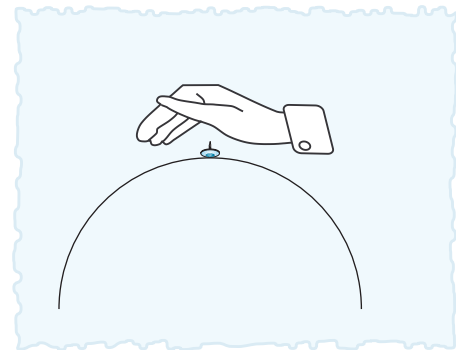


תרשים 3

הדגמות בעזרת דגם מחולל הוון דה גרף המצוי בבתי הספר מהוות שיא של לימודי האלקטרוסטטיקה, במיוחד הניצוצות בין הכיפה לבין מוליך קטן העומד מולה. בדרך כלל היצרן מספק אוסף של אביזרים נלווים שמאפשרים סדרה שלמה של ניסויים לשיעור שלם. ברצוננו לתאר כאן הדגמות אחדות שיוסיפו עניין, ויהוו בסיס לדיון עם התלמידים בעקרונות חשובים.

פעולה ליד עצם חד

הנח נעץ כאשר הראש השטוח שלו נמצא על הכיפה (ראה תרשים 1) והפעל את המחולל. החזק כף יד קעורה סנטימטרים אחדים מעל הנעץ.



תרשים 1

חוד הנעץ יוצר שדה חשמלי חזק בסביבתו הגורם ליינון האוויר. זרימה של יונים, שמטענם שווה לזה של הכיפה, מורגשת כרוח על כף היד.

התלמידים יעמדו בתור כדי לחוש את התופעה. זה הזמן לדון ביינון, והפיכת האוויר ממבדד למוליך בשדות חזקים (קריסה דיאלקטרית).

מיפוי השדה על פני מוליך

גזור חתיכות אחדות של חוט תפירה, שהוא מוליך גרוע, שחור (על מנת שייראה טוב יותר), כל אחת באורך 5 ס"מ. הדבק אותן עם נייר דבק לאורך מעגל גדול של הכיפה מן הקודקוד עד למטה, (ראה תרשים 2).

בפרק זמן t זורם מטען Q בשיעור It אל הכיפה הנטענת לפוטנציאל V בין התפרקות להתפרקות. ניתן למצוא את הפוטנציאל V מתוך הביטוי $Q = It = CV$, כאשר C הוא קיבול הכיפה. אם הכיפה כדורית, קיבולה נתון על ידי $4\pi\epsilon_0 R$, כאשר R הוא רדיוס הכיפה (זהו קירוב, מכיוון שכיפת המחולל איננה כדור שלם, אך סדר הגודל, בחישוב המתח, הוא בוודאי נכון. כמו כן מתעלמים כאן מן הקיבול ההדדי של הכיפה והמוליך). מתח הוון דה גראף V נתון אם כן על ידי:

$$V = \frac{It}{4\pi\epsilon_0 R}$$

אפשר להשוות את התוצאה של חישוב זה עם הנתונים עבור קריסה דיאלקטרית של האוויר, המתרחשת בשדה שעוצמתו $20 - 30 \text{ kV/cm}$, בהתאם ללחות. לשם כך מודדים את המרחק בין הכיפה לבין הכדור הקטן בסנטימטרים. בניסוי טיפוסי מסוים היה המרחק בין המוליך לבין הכיפה 3 ס"מ . מדדנו זרם של $3.5 \mu\text{A}$, וזמן ממוצע בין שני ניצוצות עוקבים של 0.45 שניות. רדיוס המכשיר היה 16 ס"מ . הפוטנציאל אליו נטען המחולל היה אם כן:

$$V = \frac{3.5 \cdot 10^{-6} \cdot 0.45}{4\pi \cdot 0.16 \cdot 8.85 \cdot 10^{-12}} = 78 \text{ kV}$$

ומכאן ששדה הקריסה הדיאלקטרית הוא:

$$E = 78/3 = 26 \text{ kV/cm}$$

ערך זה נמצא בטווח הקריסה הדיאלקטרית של האוויר.

עם האצבע זרמו מטענים שליליים אל החוט ואלה מתפשטים לאט לאורך חלק מן החוט המבודד, יתר חלקי החוט עדיין טעונים חיובית. שני חלקי החוט נמשכים זה לזה, וזו הסיבה להיווצרות הלולאה.

כאשר נוצרת לולאה, כבה את המחולל. המטען על הכיפה **דועך לאט**. קצה החוט יורד לאט אל הכיפה, אך ברגע שהוא נוגע בה הוא שוב קופץ למעלה, נופל מיד, קופץ למעלה, וחוזר חלילה פעמים רבות.

קשר בין אלקטרוסטטיקה לבין זרמים

חבר מיקרואמפרמטר בין קודקוד הכיפה לבין ההארקה של המכשיר והפעל את המחולל בקצב יציב גבוה. הכיתה תבחין מיד בזרם I של כמה מיקרואמפר: מטענים סטטיים שהותזו על הסרט על ידי המסרק המתכתי הנמצא למטה הוסעו לכיפה בקצב אחיד וזה מתבטא בזרם. הדגמה זאת היא טבעית לדיון במעבר מאלקטרוסטטיקה לזרמים.

נתק עתה את המיקרואמפרמטר, הצב כדור מוליך קטן מול הכיפה במרחק המאפשר יצירת ניצוצות בין שני הגופים בקצב אחיד. המחולל ממשיך לעבוד בקצב בו מדדת ורשמת את הזרם. עכשיו תבקש מן הכיתה למדוד בעזרת שעון עצר את הזמן ל-20 התפרקויות/ניצוצות, וכך לחשב את פרק הזמן הממוצע t בין ניצוץ לניצוץ. מדידה זו מאפשרת לחשב את הפוטנציאל אליו נטענת הכיפה לפני שהיא מתפרקת על ידי ניצוץ.

תהודה

אנו משתתפים באבלו של חברנו

אשר כץ במות עליו רעיתו לאה ז"ל

מערכת "תהודה"
מרכז המורים הארצי לפיסיקה
וקבוצת הפיסיקה במחלקה להוראת המדעים
ועדת המקצוע בפיסיקה והפיקוח על הוראת הפיסיקה