חשמל וגלים לביולוגיה חישובית – שעור 3

הפוטנציאל החשמלי: הכוח החשמלי, כמו הכוח הגרביטציוני הוא כוח משמר, ולכן קיימת אנרגיה פוטנציאלית U, כך ש- $\vec{F} = -\vec{\nabla}U$. כמו שהגדרנו מתוך הכוח החשמלי את השדה החשמלי נגדיר מתוך האנרגיה הפוטנציאלית החשמלית את הפוטנציאל החשמלי. אם כך $\vec{E} = -\vec{\nabla}\varphi$ וגם $U = q'\varphi$. אפשר להתייחס לפוטנציאל החשמלי כאל העבודה ליחידת מטען שדרושה כדי להביא מטען מהאינסוף. ברור שלמטען נקודתי q בראשית הצירים נקבל $\varphi = \frac{Kq}{r}$.

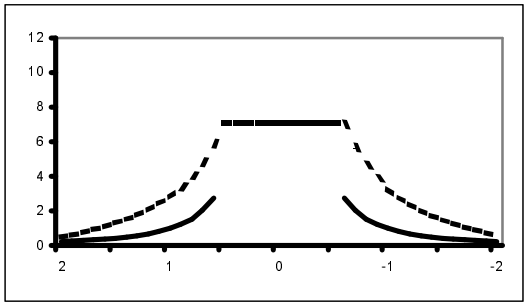
מתח חשמלי: כשדנים בפוטנציאל, כמו באנרגיה פוטנציאלית, משנה רק ההפרש בין 2 נקודות. הפרש הפוטנציאלים בין 2 נקודות נקרא המתח החשמלי.

יחידות: הפוטנציאל (ולכן גם המתח) נמדד בוולטים (V).

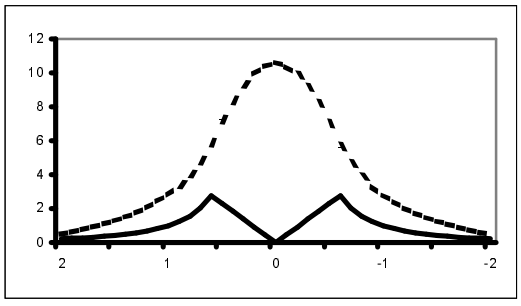
פוטנציאל של הרבה מטענים: מתוך הליניאריות של אופרטור הגזירה נוכל להסיק שאת הפוטנציאלים צריך לסכום אלגברית $\varphi_{tot} = \sum \varphi_i$, או במקרה של התפלגות מטען לבצע אינטגרציה.

דיון: האם הפוטנציאל יכול להיות לא רציף? האם השדה יכול להיות לא רציף?

כדור מוליך טעון: הקו המלא מראה את השדה הנוצר במרחב כתוצאה מכדור מוליך טעון, והקו המקווקו מראה את הפוטנציאל הנוצר מאותו כדור, שניהם כפונקציה של המרחק ממרכז הכדור. בתוך הכדור השדה הוא 0, כי מדובר על החלק הפנימי של מוליך. מחוץ לכדור השדה יורד כמו $1/r^2$. הפוטנציאל מחוץ לכדור יורד כמו $1/r$. בתוך הכדור הפוטנציאל קבוע, אבל הפוטנציאל לא יכול להיות לא רציף, ולכן ערך הפוטנציאל בתוך הכדור שווה לערך הפוטנציאל על שפת הכדור.



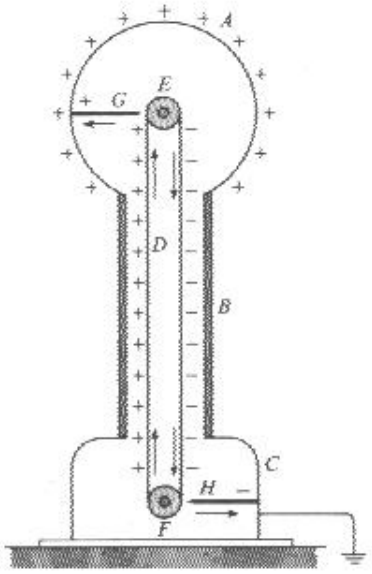
כדור טעון מבודד: הקו המלא מראה את השדה הנוצר במרחב כתוצאה מכדור טעון מבודד, והקו המקווקו מראה את הפוטנציאל הנוצר מאותו כדור, שניהם כפונקציה של המרחק ממרכז הכדור. בתוך הכדור נשתמש במשטח גאוס כדורי ברדיוס r. שטח פני הכדור גדל לפי r^2, והמטען הכלוא בכדור גדל לפי r^3, ולכן השדה הכולל גדל ליניארית ברדיוס. מחוץ לכדור השדה יורד, כרגיל, כמו $1/r^2$. הפוטנציאל מחוץ לכדור נשאר זהה, אבל בתוך הכדור נוספת פונקציה ריבועית, שהיא אינטגרל של הפונקציה הליניארית של השדה.



דוגמה: מטען $q = 3 \cdot 10^{-9} C$ נמצא בשדה חשמלי הפועל עליו שמאלה. כוח מכני המניע אותו ימינה מבצע עבודה של $6 \cdot 10^{-5} J$ ומגדיל את האנרגיה הקינטית של החלקיק ב- $4.5 \cdot 10^{-5} J$. מה הבדל הפוטנציאלים בקטע הזה?

פתרון: מה שנשאר מהעבודה שביצע הכוח הוא הפרש האנרגיה הפוטנציאלית, כלומר $\Delta U = 1.5 \cdot 10^{-5} J$. לכן, הפרש הפוטנציאלים הוא $\Delta\varphi = \frac{\Delta U}{q} = 5000V$.

<u>חלוקת מטען בין מוליכים:</u> נדון במקרה שבו נאפשר לשני מוליכים טעונים לגעת זה בזה או להיות מחוברים זה לזה ע"י תיל מוליך. ברור שבאופן כללי יעברו מטענים ממוליך אחד לשני. אבל עד מתי? ידוע שהשדה בתוך מוליך הוא 0, ולכן הפוטנציאל בתוך מוליך קבוע. אם כן, כאשר נחבר את שני המוליכים, מטענים יעברו ביניהם עד למצב שבו הפוטנציאל בתוך המוליך המשותף (שכולל את שני המוליכים ואת מה שמחבר ביניהם) יהיה קבוע.
נחשוב על שני כדורים טעונים שנוגעים זה בזה. לאחד מהם פוטנציאל גבוה יותר על שפתו וחלק ממטעניו יעברו לכדור השני. באופן כללי יישאר מטען על הכדור עם הפוטנציאל הגבוה יותר.
אבל מה קורה אם נתן לכדור טעון קטן לגעת בחלקו הפנימי של כדור מתכת חלול עם חור קטן (כך שהכדור הקטן יכול להיכנס)? השדה בתוך המוליך מתאפס, כלומר שהמטען על חלקו הפנימי של הכדור החלול זהה בדיוק למטען על הכדור הקטן. אם נגע עם הכדור הקטן בחלקו הפנימי של הכדור החלול כל המטען של הכדור הקטן יעבור לחלקו הפנימי של הכדור החלול, והכדור החלול יישאר טעון. אם נחזור על הפעולה הכדור החלול ייטען שוב והכדור הקטן יאבד שוב את כל מטענו.
<u>ארקה:</u> נזכור שבגרביטציה גלובלית הגדרנו את האפס של האנרגיה הפוטנציאלית באינסוף, אבל כאשר טיפלנו בבעיות קרוב לפני כדה"א התייחסנו לפני כדה"א כאל האפס. בצורה דומה כאשר נדון בבעיות חשמליות ליד כדה"א נתייחס לפוטנציאל של פני כדה"א כאל האפס של הפוטנציאל. חיבור לפוטנציאל של פני כדה"א ייקרא ארקה.
<u>מחולל ואן דה גראף:</u> מחולל ואן דה גראף מורכב מכדור חלול, הניצב על גליל חלול, אשר בעצמו ניצב על גוף מתכתי מוארק. בתוך המחולל יש רצועה סגורה שמורכבת על שתי גלגלים לא מוליכים ומחוברת לגלגלת או למנוע. בזמן שהרצועה משתפשפת בגלגלים היא נטענת במטען שלילי מאחד הגלגלים ובמטען חיובי מהשני. לכדור החלול יש מחט שמגיעה קרוב מאוד לרצועה וכך גם לבסיס המוארק. כך מועבר כל המטען מסוג אחד אל הכדור החלול וכל המטען מהסוג השני מועבר אל הארקה. יש כמובן עוד סוגים של מחוללי ואן דה גראף.



<u>תא אלקטרו-כימי (בטריה):</u> הסוג הפשוט והזול ביותר הוא בטריית אבץ פחם. כאשר טובלים מוט אבץ בחומצה גופרתית (H_2So_4) החומצה הגופרתית מתפרקת ליון של So_4^{--}, ולשני יונים של H^+. האבץ נותן אלקטרון אחד לכל יון מימן, ונוצרת מולקולת מימן והאבץ הנותר מתרכב עם הגופרית ויוצר אבץ גופרתי ($ZnSo_4$). אם נכניס מוט פחם הוא לא יבצע אינטראקציה עם החומצה, אבל אם נחבר מוליך בין האבץ לבין הפחם אז האלקטרונים יעדיפו לעבור דרך הפחם (יהיה להם מחסום פוטנציאלים קטן יותר) ולכן יתחיל זרם של אלקטרונים מהאבץ אל הפחם, כלומר שיש הפרש פוטנציאלים בין שני המוטות. הפרש הפוטנציאלים תלוי רק בחומרים ובמקרה זה מתקבל מתח של 0.76V. שני תאים כאלה במערך (Battery באנגלית) מתאים יתנו בטרייה של 1.5V. הבטריה תפסיק לעבוד כאשר יגמרו יוני המימן בתמיסה או כאשר כל האבץ יתרכב עם הגופרית.